VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

УДК 697.326(083.13)
ББК 31.38–08
Ж86

Ж86 **Жуковский В.В. Пособие для машинистов и операторов котельной.** – СПб.: ЦОТПБСП, 2003. – 108 с.
ISBN 5-326-00077-6

В учебном пособии приведены краткие сведения о работе паровых и водогрейных котлов, дано описание устройства современных котлов и вспомогательного оборудования котельных установок, контрольно-измерительных приборов и элементов автоматики, приведены правила обслуживания котлов и меры безопасности при эксплуатации и ремонте котлов и оборудования. Учебное пособие предназначено для подготовки машинистов и операторов по обслуживанию паровых котлов с давлением пара до 40 кгс/см² и водогрейных котлов с температурой нагрева воды до 150°С, работающих на твердом и жидком топливе.

УДК 697.326(083.13)
ББК 31.38–08

ISBN 5-326-00077-6

© В.В. Жуковский, 2003
© Оформление. Центр охраны труда, промышленной безопасности, социального партнерства и профессионального образования, 2003

ВВЕДЕНИЕ

Основным оборудованием котельных установок являются паровые и водогрейные котлы.

Котлом называется устройство, в котором для получения пара или нагрева воды с давлением выше атмосферного, потребляемых вне этого устройства, используется теплота, выделяющаяся при сгорании в его топке органического топлива.

На рис. 1 показана принципиальная схема парового котла.

В топке *1* сжигают органическое топливо (природный газ, мазут, каменный или бурый уголь и т. п.). Для горения топлива в топку непрерывно подается воздух и топливо. При этом образуются горячие дымовые газы, являющиеся основным носителем теплоты сгоревшего топлива.

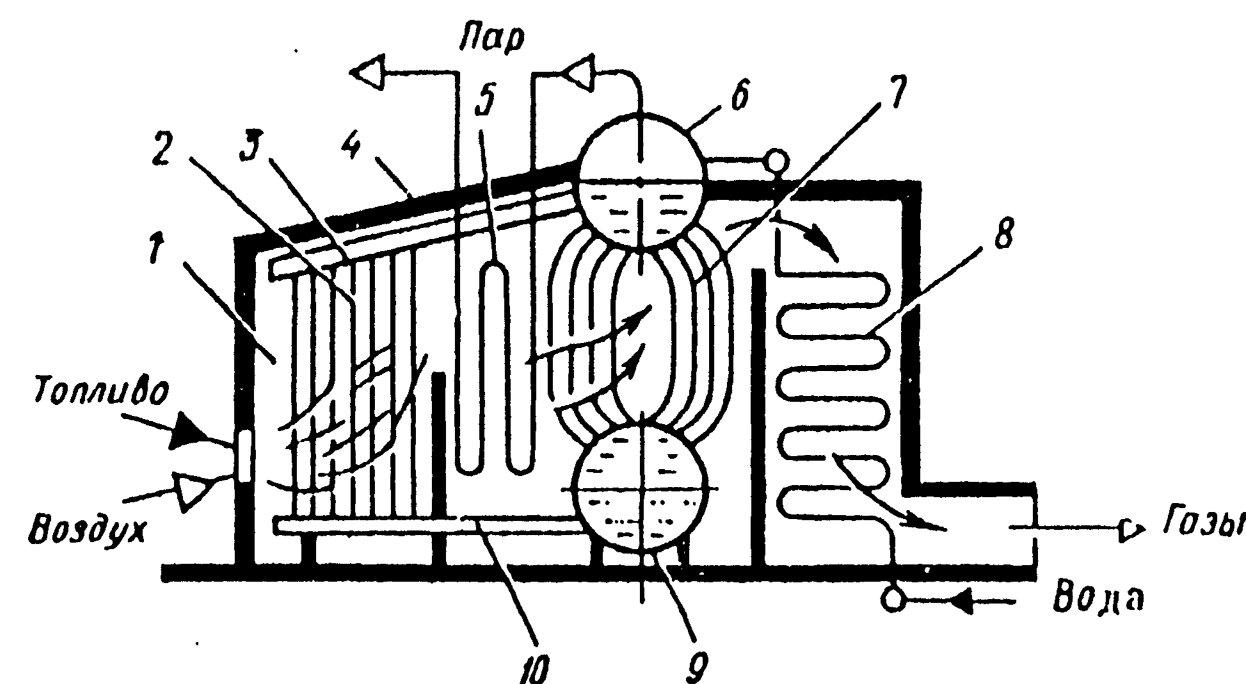


Рис. 1. Устройство парового котла:
1 – топка; *2* – топочные экраны; *3* – верхний коллектор экрана; *4* – обмуровка; *5* – пароперегреватель; *6* – верхний барабан; *7* – кипятильный пучок; *8* – водяной экономайзер; *9* – нижний барабан; *10* – нижний коллектор экрана

Передача теплоты от дымовых газов к воде и пару происходит через поверхности нагрева котла: топочные экраны *2*, пароперегреватель *5*, кипятильный пучок *7* и водяной экономайзер *8*. Поверхности нагрева котла можно разделить на испарительные и вспомогательные.

Испарительные поверхности нагрева служат для нагревания воды до температуры кипения и превращения ее в насыщенный пар. Испарительные

поверхности котла выполняются из стальных труб, барабанов, коллекторов и других элементов. Экранные трубы размещаются вдоль стен топки. Они состоят из прямых или гнутых труб, концы которых присоединяются к верхнему *3* и нижнему *10* коллекторам. Экраны защищают обмуровку котла от воздействия высоких температур.

Кипятильный пучок *7* состоит из труб, концы которых присоединены к верхнему *6* и нижнему *9* барабанам. В верхнем барабане накапливается образующийся насыщенный пар, который затем направляется в пароперегреватель *5*. Под уровень воды в верхний барабан подается питательная вода.

Вспомогательными поверхностями нагрева являются пароперегреватель *5* и экономайзер *8*. В пароперегревателе насыщенный пар превращается в перегретый и затем по паропроводу направляется потребителям.

Водяной экономайзер *8* используется для подогрева питательной воды, поступающей в котел. При этом обеспечивается охлаждение дымовых газов до 120–180°С и повышается КПД котла.

Обмуровка служит для ограждения котла и выполняется из огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

Котлы со вспомогательными системами и техническими устройствами, обеспечивающими их работу, образуют котельную установку.

На рис. 2 показана принципиальная схема котельной установки с паровыми котлами, работающими на жидком топливе.

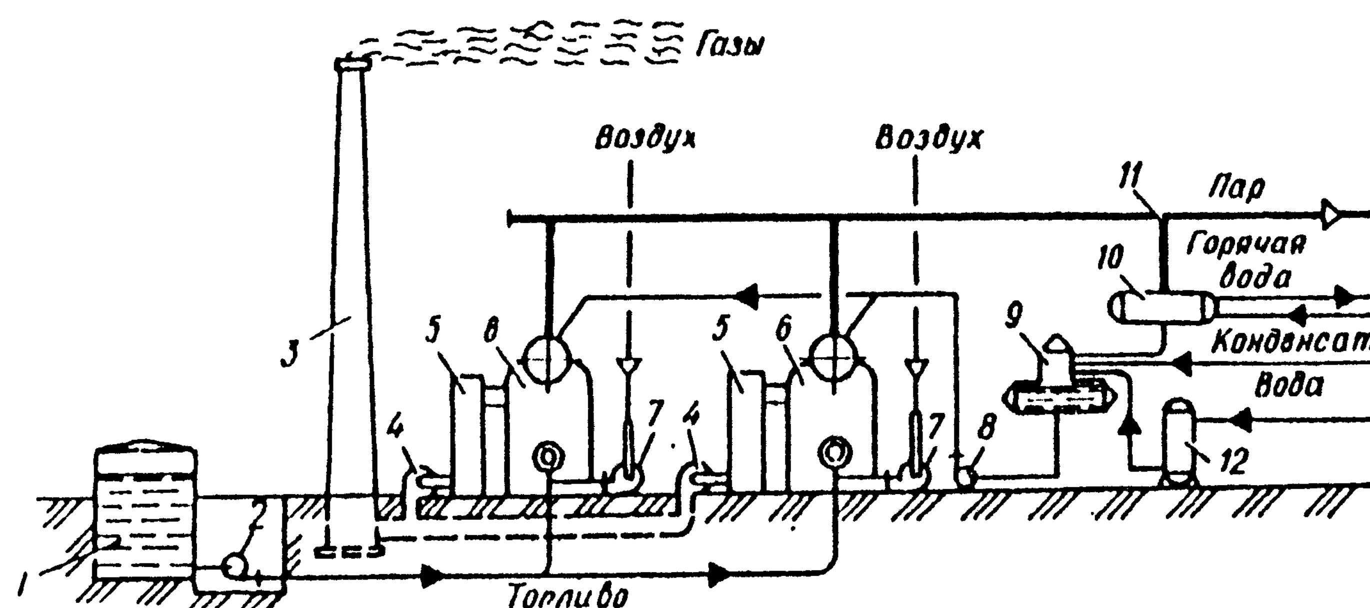


Рис. 2. Устройство котельной установки:
1 – резервуар для хранения мазута; *2* – мазутный насос; *3* – дымовая труба; *4* – дымосос; *5* – водяной экономайзер; *6* – паровой котел; *7* – дутьевой вентилятор; *8* – питательный насос; *9* – деаэратор; *10* – водоподогревательная установка; *11* – паропровод, *12* – водоумягчительная установка

В котельной (см. рис. 2) установлено два паровых котла *6*, от которых пар подается потребителям по паропроводу *11*. Часть пара используется

для нагревания воды в водоподогревательной установке (бойлерной) *10*. Жидкое топливо хранится в резервуаре *1* топливного склада, откуда насосом *2* подается к форсункам (горелкам) котлов. Подачу воздуха в котлы и удаление продуктов сгорания в атмосферу осуществляет тягодутьевая система. В ее состав входят дутьевые вентиляторы *7*, дымососы *4* и дымовая труба *3*.

Для очистки поступающей в котельную воды от солей-накипеобразователей и растворенных коррозионно-агрессивных газов установлены: водоумягчительная *12* и деаэрационно-питательная установки. Очищенная вода из деаэратора *9* подается в котлы питательными насосами *8*.

В зависимости от типа котлов и вида сжигаемого топлива вспомогательные системы и устройства могут иметь различные конструкции. Например, при сжигании углей склад топлива оборудуется механизмами для приема и перемещения угля к котлам, системами шлакозолоудаления, а для очистки газов от твердых частиц, золы и угольной пыли – золоуловителями.

При сжигании природного газа в котельной оборудуются газорегуляторная установка и системы обеспечения безопасности.

Работа котельной установки характеризуется рядом опасных факторов: высокая температура продуктов сгорания, высокие давление и температура воды и пара, взрывоопасные топлива и др. Поэтому оборудование котельных требует при обслуживании строгого соблюдения правил технической эксплуатации и безукоризненного выполнения требований производственных инструкций.

Машинист (оператор) котельной должен знать:

1. Устройство и типы обслуживаемых котлов.
2. Способы рационального сжигания топлива в котлах.
3. Схемы тепло-, паро- и водопроводов котельной и наружных теплосетей.
4. Порядок учета результатов работы оборудования и отпускаемого потребителям тепла.
5. Устройство и принцип работы центробежных и поршневых насосов, электродвигателей и паровых двигателей.
6. Правила ухода за обслуживаемым оборудованием и способы устранения недостатков в его работе.
7. Правила и способы погрузки и транспортировки золы и шлака.
8. Системы смазывания и охлаждения обслуживаемых агрегатов и механизмов.
9. Правила ведения записей о работе механизмов и оборудования по золошлакоудалению.
10. Устройство простых и средней сложности контрольно-измерительных приборов.

11. Производственную инструкцию по эксплуатации котельной.
12. Передовые приемы обслуживания оборудования котельной установки.
13. Правила безопасности труда, электробезопасности, пожарной безопасности, гигиены труда, производственной санитарии и внутреннего распорядка.

Машинист (оператор) котельной должен уметь:

1. Обслуживать водогрейные и паровые котлы, работающие на жидком и твердом топливе.
2. Производить пуск, остановку, регулирование и наблюдение за работой тягодутьевых, золошлакоудаляющих и горелочных устройств, экономайзеров, воздухоподогревателей, пароперегревателей и питательных насосов.
3. Обслуживать теплосетевые бойлерные установки, расположенные в зоне обслуживания основных агрегатов.
4. Обеспечивать бесперебойную работу оборудования котельной.
5. Производить пуск, остановку и переключение обслуживаемых агрегатов в схемах теплопроводов.
6. Учитывать тепло, отпускаемое потребителям.
7. Удалять механизированным способом шлак и золу из топок и бункеров паровых и водогрейных котлов.
8. Грузить (разгружать) золу и шлак при помощи механизмов в вагонетки или вагоны с транспортировкой их в установленное место.
9. Наблюдать за правильной работой механизмов шлакозолоудаления, подъемно-транспортного оборудования, сигнализации, приборов, аппаратуры.
10. Смывать шлак и золу специальными устройствами.
11. Участвовать в ремонте обслуживаемого оборудования.
12. Принимать и сдавать дежурство в соответствии с инструкцией для персонала котельной и вести сменный журнал.
13. Экономно расходовать и использовать материалы и электроэнергию, бережно обращаться с инструментами и приборами.
14. Применять передовые приемы обслуживания оборудования котельной установки и соблюдать нормы выработки пара при минимально возможной затрате топлива и электроэнергии.
15. Соблюдать требования безопасности труда, электробезопасности, пожарной безопасности, гигиены труда и производственной санитарии, внутреннего распорядка.

Настоящее пособие предназначено для теоретической подготовки машинистов и операторов по обслуживанию паровых котлов с давлением до 40 кг/см^2 и водогрейных котлов с температурой нагрева воды до 150°С на

твердом и жидком топливе. Сведения, изложенные в пособии, помогут облегчить подготовку к сдаче экзаменов при проведении проверки знаний у машинистов и операторов паровых и водогрейных котлов.

Автор выражает признательность сотрудникам отдела котлонадзора Института промышленной безопасности, охраны труда и социального партнерства П.Ю. Смирнову, Е.Н. Тимофееву, Ю.И. Гусеву и кандидату технических наук А.В. Сергееву за рекомендации и замечания, сделанные при рецензировании и редактировании рукописи.

РАБОЧИЕ ТЕЛА И ИХ ПАРАМЕТРЫ

Для работы котлов и котельных установок в качестве рабочих тел используются воздух, продукты сгорания топлива (дымовые газы), вода и водяной пар.

Основными параметрами, характеризующими состояние рабочего тела, являются давление, температура и плотность.

ПОНЯТИЕ О ДАВЛЕНИИ. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Согласно кинетической теории давлением называется суммарное действие ударяющихся о стенки сосуда молекул газа (пара). Давление измеряется силой, приходящейся на единицу площади и направленной по нормали к поверхности стенки. В международной системе измерений давление измеряется в паскалях. 1 Па = 1Н/м², т. е. равен отношению силы в 1Н (Ньютон) к 1 м².

В котельной технике используются более крупные единицы: МПа (мегапаскаль), кПа (килопаскаль).

Ранее широко применялась в качестве единицы измерения давления техническая атмосфера, равная отношению килограмм-силы на квадратный сантиметр (кгс/см²). Кроме того, давление измерялось высотой столба жидкости – воды или ртути.

Между единицами измерений существует следующая зависимость:

0,1 МПа = 10^5 Па = 1,0 кгс/см² = 736 мм рт. ст. = 10 м вод. ст.

Различают атмосферное (барометрическое), избыточное и абсолютное давления. Абсолютное давление складывается из избыточного и атмосферного. Давление ниже атмосферного называется разрежением. Для измерения давления и разрежения в котельных применяются манометры, мановакуумметры, тягонапоромеры.

ПОНЯТИЕ О ТЕМПЕРАТУРЕ. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР

Температурой называется степень нагретости вещества. Температура измеряется в градусах Цельсия (°С) или Кельвина (К). В котельных температуру измеряют термометрами, проградуированными в градусах Цельсия.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ ВОДЫ ОТ ДАВЛЕНИЯ

При атмосферном давлении вода закипает при температуре 100°С, температура кипения при абсолютном давлении 1,7 кгс/см² – 115°С, при 9 кгс/см² – 174,5°С, а при давлении 14 кгс/см² – 194°С. Следовательно, при повышении давления температура кипения воды также повышается. Температуру кипения называют также температурой насыщения при данном давлении.

ПОНЯТИЕ О ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА. ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ, ПАРА, ВОЗДУХА, МАЗУТА, ПРИРОДНОГО ГАЗА ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Плотность вещества определяется отношением его массы к занимаемому объему и измеряется в килограммах на кубический метр. При нормальных условиях (давление 760 мм рт. ст. и температура 0°С) плотность воды равна 1000 кг/м³, водяного пара – 0,6 кг/м³, воздуха – 1,293 кг/м³, мазута – 952 кг/м³, природного газа около 0,8 кг/м³. Плотность вещества зависит от давления и температуры.

СВОЙСТВА ВОДЫ И ПАРА

Вода является наиболее распространенным в природе и дешевым веществом, обладающим рядом положительных качеств: вода химически не агрессивна, не токсична, имеет высокую теплоемкость, т. е. способна переносить большое количество теплоты в единице массы. В то же время вода имеет большую плотность (1000 кг/м³) и создает высокое гидростатическое давление. Вода замерзает при отрицательных температурах, при этом расширяется и разрушает трубы, приборы и т. п. Примеси, содержащиеся в природной воде, вызывают загрязнение и коррозию элементов котла. Пар, получаемый в присутствии воды, называется насыщенным. Температура кипения (насыщения) зависит от давления. Пар легче воды, транспортируется на большие расстояния за счет избыточного давления в котле. Перегретый пар используется для транспортировки на большие расстояния и обладает высокой работоспособностью.

ВОЗДУХ И ПРОДУКТЫ СГОРАНИЯ

Для горения топлива используется атмосферный воздух, который состоит из кислорода (21% по объему), азота (78% по объему) и других газов (1% по объему).

Кислород окисляет горючие элементы топлива в процессе горения, в результате чего образуются газообразные продукты сгорания: углекислый газ, водяные пары и сернистый газ. Азот не участвует в горении и поступает в состав продуктов сгорания. Кроме того, в их состав при неполном горении поступает окись углерода, метан, водород и другие вещества.

ТОПЛИВО, ТОПОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ И УСТРОЙСТВА

КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТОПЛИВА

В качестве топлива в котлах используются различные ископаемые угли, торф, горючие сланцы, древесные отходы, продукты переработки нефти, горючие газы.

По агрегатному состоянию топливо разделяют на твердое, жидкое и газообразное. По способу получения – на естественное и искусственное. По способу использования – на технологическое и энергетическое.

К естественным топливам относят антрацит, каменные и бурые угли, торф, сланцы, дрова, природный газ. В результате технологической переработки природного топлива получают его искусственные виды – мазут, печное топливо, кокс, доменный и газогенераторный газ.

Важнейшими характеристиками топлива являются его состав и теплота сгорания.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Твердое и жидкое топливо имеет сложный молекулярный состав. В топливе горючая часть смешана с минеральными примесями и влагой. Для упрощения состав топлива выражают через отдельные химические элементы и называют его элементарным. Содержание отдельных элементов твердого и жидкого топлива можно выразить в процентах (%) по массе и записать его элементарный состав в виде уравнения:

$$C^p + H^p + N^p + S^p + O^p + A^p + W^p = 100\%,$$

где C^p – углерод, H^p – водород, N^p – азот, S^p – сера, O^p – кислород, A^p – зола, W^p – влага.

Индекс «р» показывает, что состав записан для рабочего топлива, т. е. такого, которое поступает в котельную.

Топливо состоит из горючих элементов (углерода, водорода и серы) и балласта (кислорода, азота, золы и влаги).

ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА. УСЛОВНОЕ ТОПЛИВО. ВОСПЛАМЕНЕНИЕ. САМОВОЗГОРАНИЕ. ВЫХОД ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ

Теплотой сгорания называется количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании 1кг или 1 м³ топлива. Различают высшую ($Q_в$) и низшую ($Q_н$) теплоту сгорания. Низшая теплота сгорания не учитывает часть теплоты, пошедшей на образование водяных паров и уносимой в дымовую трубу вместе с газами.

Теплота сгорания измеряется в килоджоулях на килограмм (килокалориях на килограмм) или в килоджоулях на кубический метр (килокалориях на кубический метр). Для планирования и учета расхода топлива введено понятие условного топлива, имеющего теплоту сгорания 29,35 МДж/кг (7000 ккал/кг).

Горение топлива представляет сложный физико-химический процесс окисления горючих элементов кислородом воздуха, сопровождающийся интенсивным выделением теплоты. Минимальная температура, при которой происходит воспламенение смеси топлива с воздухом без внесения открытого огня, называется *температурой самовоспламенения*. Например, в атмосферном воздухе жидкое топливо воспламеняется при 300–350°С, ископаемые угли при 450–700°С, горючие газы при 300–750°С. В топках котлов холодная смесь топлива и воздуха зажигается от постороннего источника (факела, искры), имеющего значительно более высокую температуру.

Некоторые виды твердого топлива (бурые угли, торф, опилки) при хранении склонны к самовозгоранию. Поэтому следует ограничивать время хранения и высоту штабеля такого топлива.

При нагревании твердого топлива до 150–400°С из него выделяются газы и пары, которые называются летучими веществами. В состав летучих веществ входят горючие вещества (водород, оксид углерода, углеводороды) и водяные пары. При зажигании летучие вещества образуют видимое пламя и сгорают в объеме топки. В слое твердого топлива горит кокс.

СВОЙСТВА МАЗУТА. ЗАВИСИМОСТЬ УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ МАЗУТА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ. МАРКИ МАЗУТА

Мазут – остаточный продукт переработки нефти. В его состав входят сложные углеводородные соединения, а также парафин и масла (вязкие вещества). Уже при температуре 10–25°С топочный мазут теряет текучесть, превращаясь в студнеобразную массу, так как резко возрастает его вязкость. Для перекачки мазут нагревают, при этом его вязкость понижается. Вязкость измеряют в градусах вязкости условной (°ВУ). В котельных используются топочный мазут марок М-100 и М-40. Топочный мазут М-100 при температуре

50°С имеет 100°ВУ, М-40 – 40°ВУ. Для перекачки мазут нагревают до температур 60 – 70°С, для распыления форсунками до 90 – 115°С.

Мазут представляет собой горючую жидкость с температурой самовоспламенения 350°С. Взрывоопасные концентрации паров мазута в смеси с воздухом в процентах (по объему) составляют: нижний предел – 1,4%, верхний – 8%.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА

Из железнодорожной или автомобильной цистерны мазут сливается в лоток и далее в резервуары для хранения мазута. Лоток и емкости оборудуются подогревателями мазута.

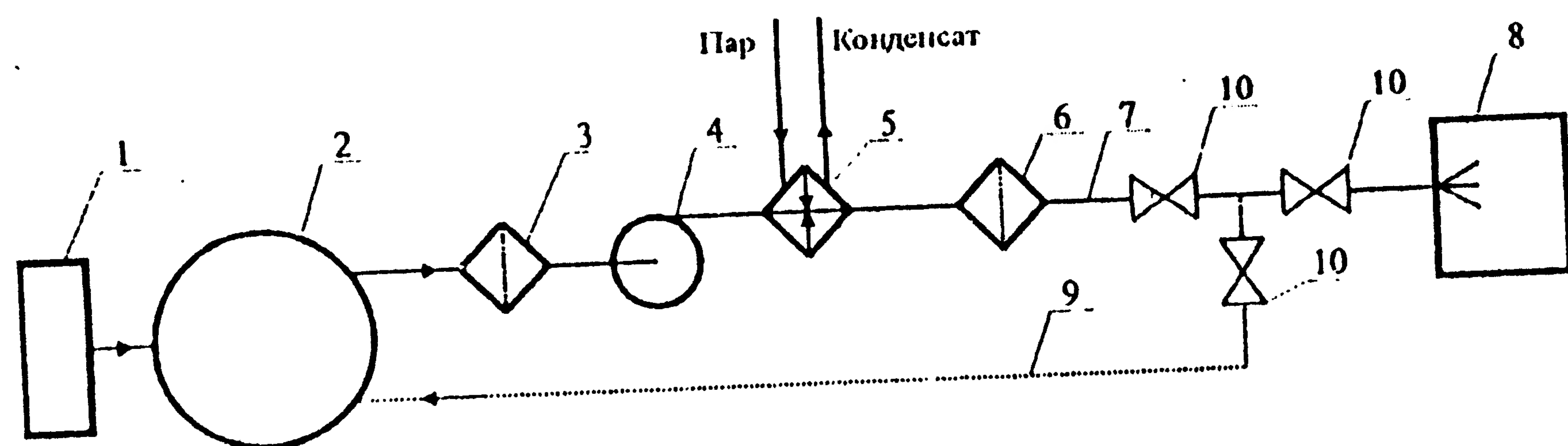


Рис. 3. Схема мазутного хозяйства:
1 – сливной лоток; *2* – резервуары мазута; *3* – фильтры грубой очистки; *4* – мазутные насосы; *5* – паромазутные подогреватели; *6* – фильтры тонкой очистки; *7* – напорный мазутопровод; *8* – котлы; *9* – рециркуляционный (обратный) мазутопровод; *10* – запорная арматура

На рис. 3 показана принципиальная схема мазутного хозяйства (схема циркуляции мазута), состоящая из напорного и обратного мазутопроводов, по которым мазут прокачивается мазутными насосами. По пути мазут очищается в фильтрах грубой и тонкой очистки и подогревается паром в мазутоподогревателях. Постоянная циркуляция в системе горячего мазута обеспечивает быстрое включение форсунок котлов и исключает остывание мазута в неработающих трубопроводах. При сжигании легких сортов жидкого топлива и маловязкого мазута применяются тупиковые схемы подачи топлива к форсункам.

ВИДЫ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Ископаемые угли подразделяются на антрациты, каменные и бурые. Антрацит является наиболее ценным твердым топливом, т. к. содержит более 75% углерода и имеет наибольшую теплоту сгорания $Q_н$ = 25 ÷ 27МДж/кг (5980–6500 ккал/кг). Каменные угли в своем составе содержат углерода

50 – 70% и имеют повышенную зольность, $Q_н$ = 17 ÷ 25 Мдж/кг (4000–5900 ккал/кг). Бурые угли имеют повышенную влажность – до 30–40% и сравнительно низкую теплоту сгорания. Бурые угли механически непрочны, легко окисляются и склонны к самовозгоранию. К местным твердым топливам можно отнести торф, сланцы, дрова и древесные отходы. Торф характеризуется влажностью 30–40% и теплотой сгорания около 3500 ккал/кг.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

В настоящее время для сжигания органического топлива в котлах используются топки: слоевые, камерные (факельные), циклонные, вихревые и «кипящего» слоя.

Слоевые топки являются наиболее простыми и используются для сжигания кускового твердого топлива. Топливо горит в слое, лежащем на колосниковой решетке. Воздух для горения подается под решетку и через отверстия в колосниках поступает на горение. Над слоем горят летучие вещества и угольная пыль, в слое выгорает кокс. Очаговые остатки (шлак, зола) проваливаются через зазоры под решетку и удаляются с нее вручную или специальными механизмами.

Различают топки с неподвижным, движущимся или «кипящим» слоем.

Камерные (факельные) топки применяют для сжигания жидкого или газообразного топлива, а также угольной пыли. В этих топках частицы топлива движутся вместе с потоком воздуха и дымовых газов и сгорают на лету в пределах топочной камеры. Газообразное топливо непосредственно из газопроводов подается в горелочное устройство. Мазут перед сжиганием предварительно подогревается, распыляется на мельчайшие капли с помощью форсунок, испаряется и смешивается с воздухом. После воспламенения образуется факел в камере топки. Твердое топливо размалывают до пылеобразного состояния и вдувают в топку вместе с воздухом.

СЛОЕВЫЕ ТОПКИ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

По способу обслуживания различают топки с ручными колосниковыми решетками, полумеханические и механические (рис. 4).

Основным элементом слоевых топок является колосниковая решетка, набираемая из колосников. В топках с ручным обслуживанием наибольшее применение находят плиточные и балочные колосники. Для удаления с решетки шлака и золы в шлаковый бункер используются опрокид-

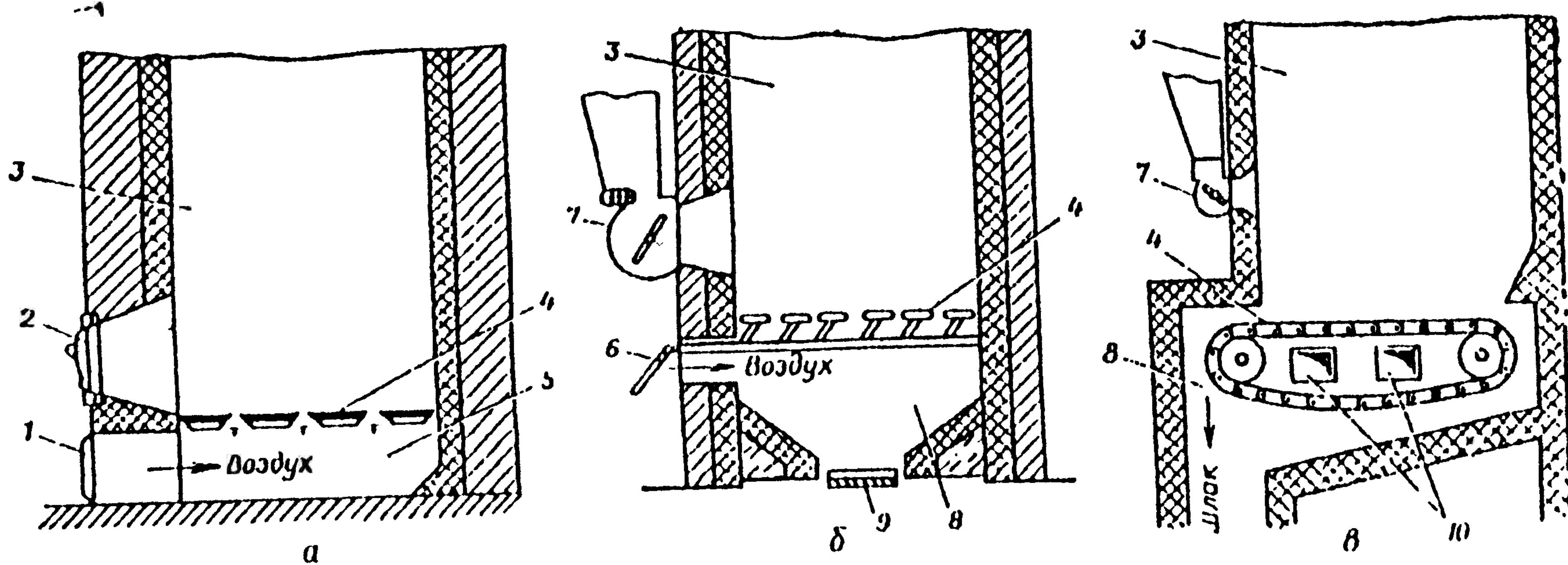


Рис. 4. Слоевые топки:

а – с ручной колосниковой решеткой; *б* – с поворотными колосниками и шлаковым бункером; *в* – с ленточной цепной решеткой; *1* – зольниковая дверца; *2* – загрузочная дверца; *3* – топочная камера; *4* – колосниковая решетка; *5* – зольник; *6* – поворотный рычаг; *7* – пневматический забрасыватель; *8* – шлаковая шахта (бункер); *9* – затвор; *10* – воздуховоды

ные колосники, которые устанавливаются вместо нескольких неподвижных колосников. В некоторых котлах нашли применение решетки с поворотными колосниками, облегчающими удаление золы и шлака.

Для облегчения забрасывания топлива на решетку используются механические и пневмомеханические забрасыватели. В топках с шурующей планкой топливо, ссыпаемое из бункера, перемещается по колосниковой решетке с помощью планки или рамки, которая совершает возвратно-поступательное движение. Планка обеспечивает подачу топлива в слой, шуровку слоя, удаление остатков горения, т. е. обеспечивает полную механизацию всех операций по обслуживанию топки. Полная механизация достигается также в топках с ленточными цепными решетками и пневмомеханическими забрасывателями.

ПЫЛЕУГОЛЬНЫЕ ТОПКИ

Топки предназначены для сжигания твердого топлива в факеле. Перед сжиганием топливо сушат и размалывают в специальных пылеподготовительных установках, в состав которых входят молотковые или шаровые барабанные мельницы. Топки для сжигания угольной пыли обычно выполняются в виде камер прямоугольного сечения. Подача топлива в камеру осуществляется с помощью пылеугольных горелок. Стены топочной камеры закрываются экранами. В зависимости от способа удаления шлака различают топки с твердым или жидким шлакоудалением. Во всех случаях в топке улавливается 20–50% золы, остальная зола уносится с газами. Для очистки дымовых газов за котлами устанавливают золоуловители.

КОНСТРУКЦИИ МАЗУТНЫХ ФОРСУНОК. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕХАНИЧЕСКИХ И ПАРОМЕХАНИЧЕСКИХ ФОРСУНОК

Форсунка – устройство для подачи, распыливания и распределения в воздушном потоке жидкого топлива, поступающего в топку котла.

По способу распыливания жидкого топлива форсунки делятся на паровые и механические. На рис. 5 показаны схемы распыливания мазута паровыми (рис. 5*а*), центробежными (рис. 5*б*) и ротационными (рис. 5*в*) форсунками.

В паровых форсунках мазут, вытекающий из трубы, подхватывается потоком пара. При этом обеспечивается тонкое распыливание в широком диапазоне производительности. Паровые форсунки имеют простую конструкцию, отличаются надежностью работы и легко регулируются без ухудшения качества распыления. Основным недостатком паровых форсунок является большой расход пара и повышенная шумность.

В центробежных механических форсунках (рис. 6*а*) топливо распыливается механическим путем под действием высокого давления и закручивания потока перед выходом из сопла. Основными деталями форсунки являются ствол *2* и наконечник (головка) *3*. Распыливающая часть форсунки состоит из распределительного *4*, завихривающего *5* дисков и сопла *6*. Проходя через распределительный диск, поток топлива делится на тонкие струйки, закручивается в тангенциальных каналах завихряющего диска и вытекает в виде полого конуса в топочную камеру, где распадается на мельчайшие капельки. Качество распыливания зависит от давления и температуры топлива перед форсункой.

Центробежные форсунки работают при давлении мазута 10–40 кгс/см^2 и температуре 90–115°С. При уменьшении расхода топлива на 20–30% качество распыливания ухудшается. Механические центробежные форсунки часто засоряются, что требует тщательной фильтрации мазута. В то же время эти форсунки наиболее экономичны. Для расширения диапазона регулирования применяются комбинированные паромеханические форсунки.

В паромеханических форсунках при больших нагрузках топливо распыливается механическим путем, а при средних и малых нагрузках дополнительно используется пар. Ствол паромеханической форсунки (рис. 6*б*) имеет два канала: центральный для мазута и кольцевой – для пара. В распыливающей головке дополнительно устанавливается паровой завихритель *9*. Пройдя каналы завихрителя, пар смешивается с мазутом и распыливает его на мельчайшие капли.

В ротационных форсунках распыливание топлива происходит за счет действия центробежных сил, создаваемых вращающимися деталями. Ма-

зут самотеком по полому валу поступает во вращающийся стакан, откуда он выходит в топку в форме полого конуса. Ротационные форсунки плавно регулируются в широком диапазоне, не засоряются. Однако они имеют сложную конструкцию и пониженную надежность.

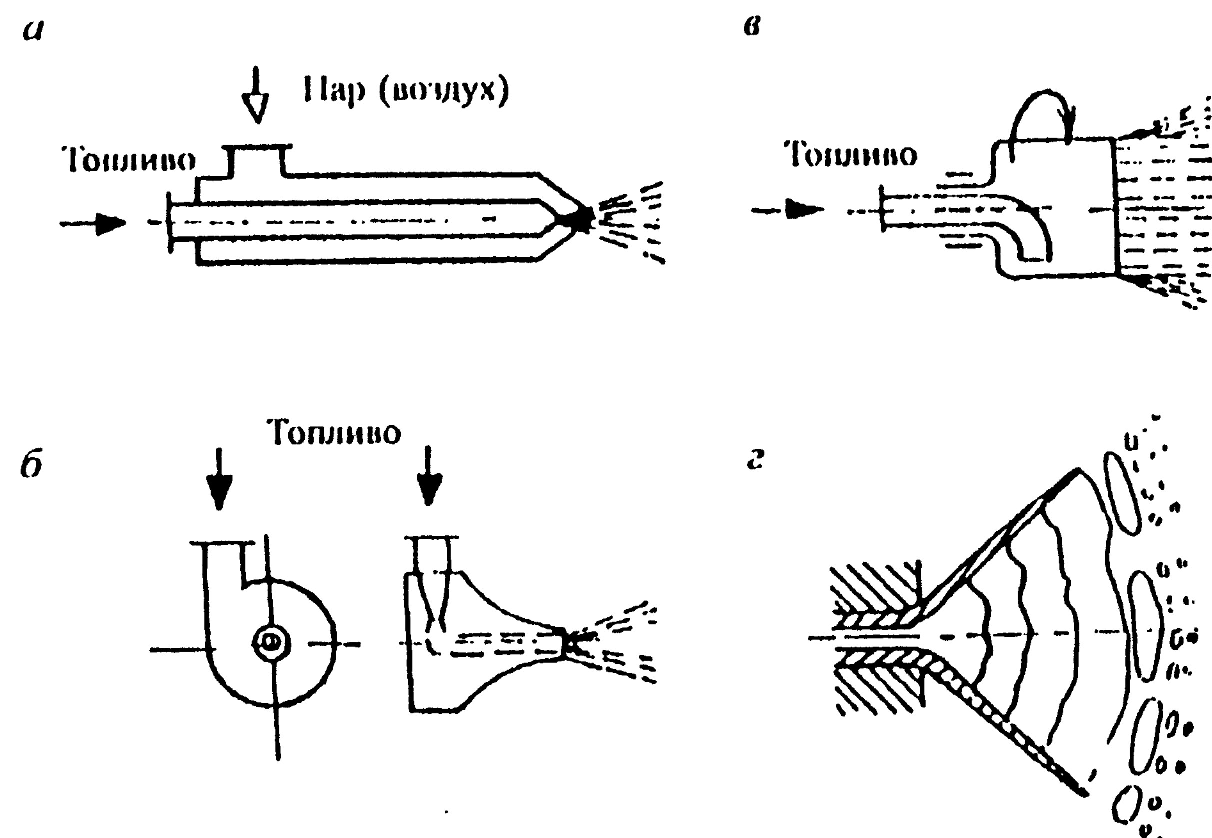


Рис. 5. Схемы распыливания жидкого топлива:
а – паровыми форсунками;
б – центробежными форсунками;
в – ротационными форсунками;
г – растекание и дробление струи топлива

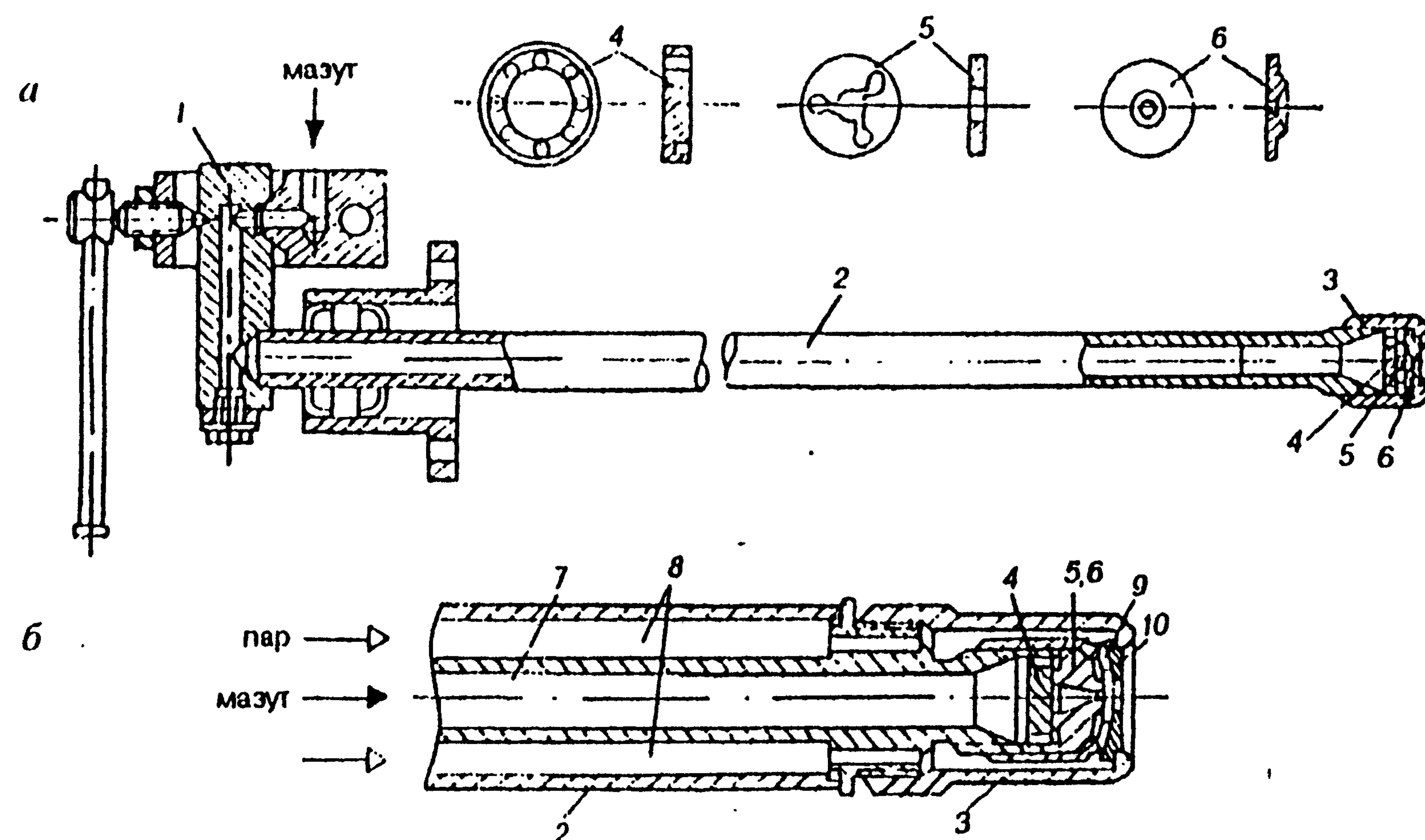


Рис. 6. Центробежная механическая (*а*) и паромеханическая (*б*) форсунки:
1 – корпус; *2* – ствол; *3* – наконечник; *4* – распределительный диск; *5* – завихривающий диск; *6* – сопло; *7* – канал для мазута; *8* – паровой канал; *9* – паровой завихритель; *10* – насадок

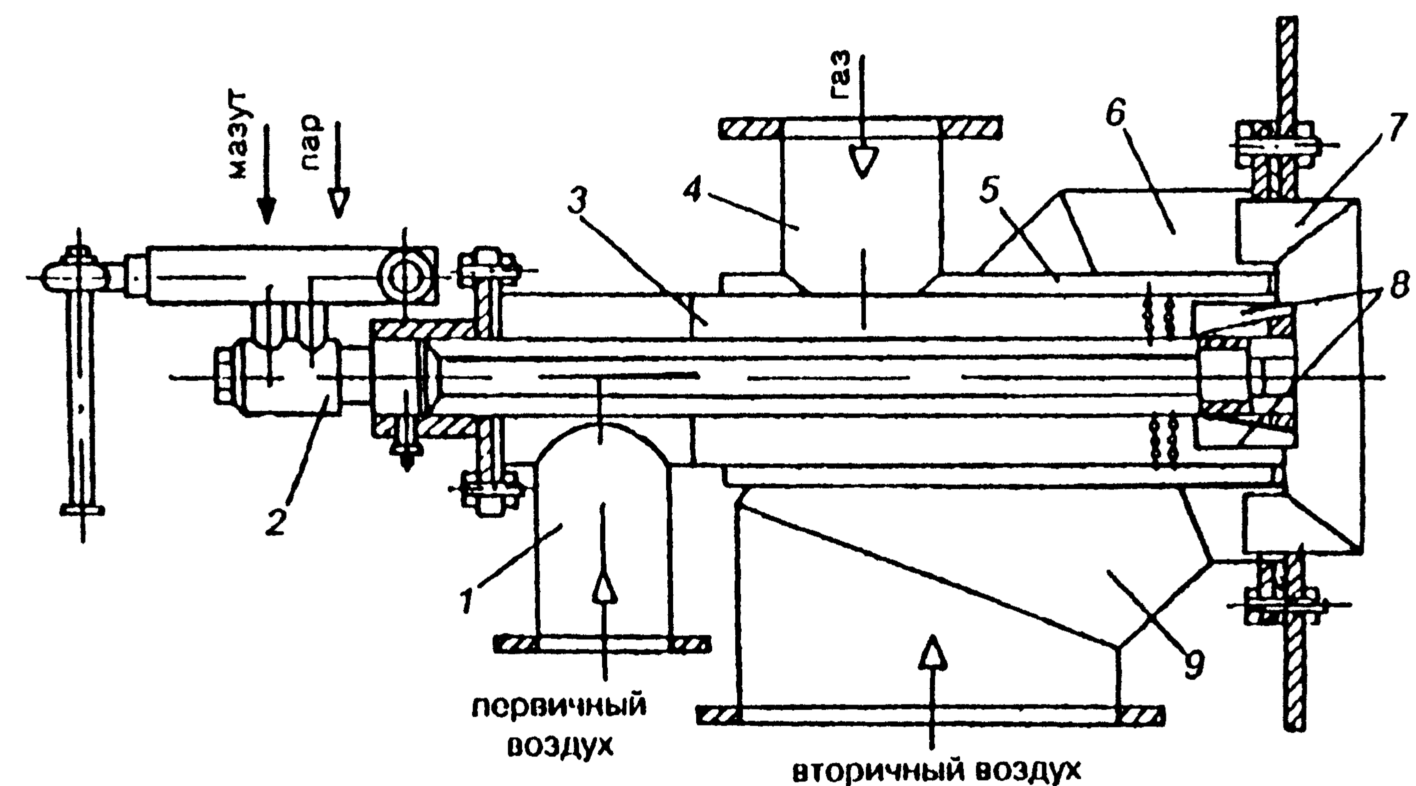
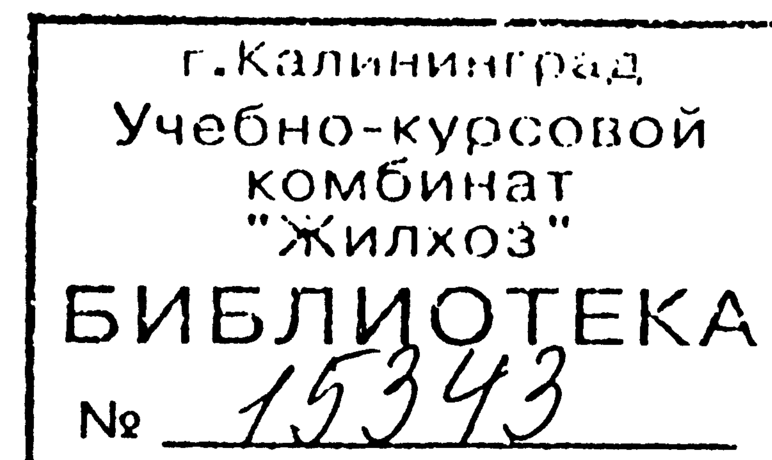


Рис. 7. Газомазутная горелка (типа ГМГ) с паромеханической форсункой:
1 – патрубок для подвода первичного воздуха; *2* – паромеханическая форсунка; *3* – центральный воздушный канал; *4* – патрубок для подвода газа; *5* – кольцевая газовая камера; *6* – периферийный воздушный канал; *7, 8* – лопаточные завихрители; *9* – патрубок для подвода вторичного воздуха

На рис. 7 показана газомазутная горелка*, работающая на двух видах топлива – природном газе и мазуте. Газ подается к горелке через патрубок *4* и вытекает из кольцевой газовой камеры *5* в топку котла. Первичный воздух через патрубок *1* проходит по центральной трубе *3*, закручивается в лопаточном регистре *8* и смешивается с топливом. Основной поток воздуха (вторичный воздух) через патрубок *9* и периферийный воздушный канал *6* подается в лопаточный регистр *7* и поступает в топку. В центре газомазутной горелки установлена паромеханическая форсунка *2*.



г.Калининград
Учебно-курсовой
комбинат
"Жилхоз"
БИБЛИОТЕКА
№ 15343

* *Горелка* – устройство для ввода в топку топлива, необходимого для его сжигания воздуха и обеспечения устойчивого сжигания топлива.

РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ В КОТЛАХ

ВИДЫ ТЕПЛОПОТЕРЬ В КОТЛОАГРЕГАТЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КПД КОТЛА

При анализе распределения теплоты в котле, получаемой при сжигании топлива, выделяют полезно используемую теплоту, пошедшую на образование пара или нагрев воды, и потери теплоты.

Потери теплоты с уходящими дымовыми газами являются наиболее крупными. Они зависят главным образом от температуры и объема газов. Температура отходящих газов заметно увеличивается при загрязнении поверхностей нагрева за счет ухудшения теплообмена. Объем газов возрастает за счет избыточного воздуха, подаваемого в топку, и за счет присосов по газовоздушному тракту котлоагрегата.

Потеря теплоты от химической неполноты сгорания возникает в результате неполного окисления горючих элементов при недостаточной подаче воздуха в топку, из-за плохого перемешивания топлива с воздухом, низкой температуры в топке, малого времени нахождения топлива в топке.

Потеря теплоты от механической неполноты сгорания обусловлена провалом частиц топлива через отверстия колосников, уносом мелких частиц с газами и недожогом в удаляемом шлаке. Незначительная часть теплоты теряется через наружное ограждение котла (обмуровку и тепловую изоляцию) и с горячим шлаком, удаляемым из котла.

ТЕПЛООБМЕН В КОТЛАХ. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТЕПЛООБМЕН

Нагрев воды и получение пара в котлах происходит за счет теплообмена между горячими продуктами сгорания топлива и теплоносителями. Теплопередача в котлах происходит за счет излучения, конвекции и теплопроводности.

Тепловое излучение – это процесс переноса теплоты от одного физического тела (излучателя) к другому телу (поглотителю). В процессе лучистого теплообмена внутренняя энергия излучающего тела (например, факела горящего топлива) преобразуется в электромагнитные волны, которые поглощаются другими телами (например, стенками труб, барабанов, обмуровки) и превращаются в теплоту.

Конвекцией называется процесс переноса теплоты перемещающимися объемами жидкости или газа от более нагретых тел к менее нагретым. Конвекция всегда сопровождается теплопроводностью.

Теплопроводность – это процесс переноса теплоты в телах или между ними, обусловленный движением микрочастиц вещества. Теплопроводность происходит только при непосредственном соприкосновении отдельных частиц или отдельных тел, имеющих разные температуры.

В топках котлов от горящего топлива к стенкам труб и других элементов теплота передается главным образом излучением, в конвективных пучках, пароперегревателях и экономайзерах – в основном конвекцией. Через стенки труб, барабанов, коллекторов теплота передается теплопроводностью.

При наличии на наружных и внутренних поверхностях труб и других элементов отложений золы, сажи, угольной пыли, накипи, шлама, имеющих низкую теплопроводность, теплообмен резко ухудшается. При этом температура уходящих газов повышается, что снижает КПД котла.

ЕСТЕСТВЕННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОДЫ В КОТЛЕ. ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ

Испарительные системы большинства паровых котлов состоят из барабанов, коллекторов и соединительных труб. При этом образуются замкнутые контуры, по которым многократно циркулирует вода прежде чем полностью превращается в пар. Паровой котел, у которого циркуляция рабочей среды осуществляется за счет разности плотности воды в опускных и пароводяной смеси в подъемных трубах, называется котлом с естественной циркуляцией. В контуре естественной циркуляции (рис. 8) часть труб *4* обогревается по всей высоте горячими газами, а другие трубы *2* являются необогреваемыми или обогреваются слабо. Таким образом, образован замкнутый контур, в который входят: верхний барабан котла *1*, опускные трубы *2*, сборный коллектор *3*, подъемные трубы *4*. Питательная вода поступает в верхний барабан котла под уровень воды.

Обогреваемые трубы *4* заполняются движущимся вверх потоком пароводяной смеси, которая имеет значительно меньшую плотность, чем вода в опускных трубах *2*. За счет разности их плотностей и возникает движущий напор циркуляции.

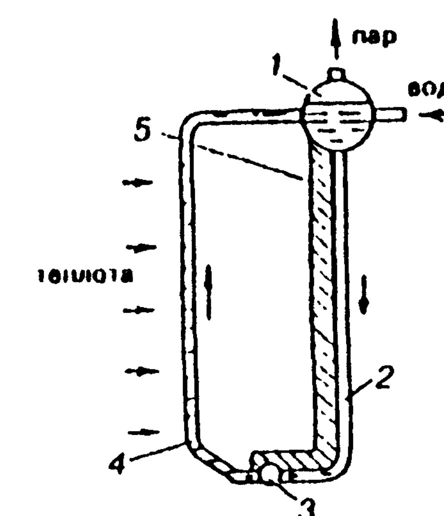


Рис. 8. Схема контура естественной циркуляции:
1 – верхний барабан котла; *2* – опускная труба; *3* – коллектор; *4* – подъемная труба; *5* – обмуровка

Нарушение циркуляции связано в основном с резким уменьшением движущего напора из-за сильного загрязнения труб, повышающего их гидравлическое сопротивление, или из-за повышения температуры в опускных трубах вследствие разрушения защищающих их обмуровки или тепловой изоляции. При этом подъемные трубы могут заполниться медленно движущимся паром (зас-

той циркуляции) или происходит ее опрокидывание. Во всех случаях нарушение циркуляции создает предпосылки к аварии из-за перегрева и разрушения труб.

ПРИМЕСИ В ПРИРОДНОЙ ВОДЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ КОТЛА

В природной воде содержатся различные минеральные и органические примеси. Различают грубодисперсные примеси, состоящие из частиц песка, глины, ила, растительных остатков и т. п. О наличии этих примесей судят по прозрачности воды. Прозрачность является показателем качества воды и определяется высотой столба воды, через который еще возможно чтение печатного шрифта (прозрачность по шрифту). Например, для паровых котлов прозрачность воды должна быть не менее 30–40 см.

Кроме того, в воде растворимы различные соли, кислоты, щелочи, а также газы. При испарении воды в паровых котлах большая часть примесей, поступающих с питательной водой, остается в котле в виде накипи и шлама. Накипь образуется на обогреваемых поверхностях труб, коллекторов, барабанов и представляет собой твердое камнеобразное вещество, состоящее из солей кальция и других примесей, плотно прилегающее к металлу. Накипь плохо проводит тепло, что приводит к перегреву металла. Кроме того, уменьшается сечение труб, повышается их гидравлическое сопротивление. Грубодисперсные и коллоидные вещества, находящиеся в котловой воде, первоначально слипаются друг с другом, а также с окислами железа и другими солями. Образующиеся небольшие сгустки (хлопья) в процессе циркуляции выносятся с водой в нижние барабаны и коллекторы котла, накапливаются там и образуют студнеобразную массу – шлам. Шлам находится в котловой воде во взвешенном состоянии и поэтому его легко удалить продувкой. При уплотнении шлама может образоваться вторичная накипь.

Повышенное содержание в воде щелочных веществ приводит к пенообразованию на зеркале испарения* в верхнем барабане котла. Растворенные в воде кислород и углекислый газ вызывают коррозию металла.

ОБРАБОТКА ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА ПИТАНИЕ КОТЛА

Питательная вода, поступающая в котлы, должна проходить предварительную обработку – умягчение и деаэрацию. При умягчении из воды удаляют соли жесткости, образующие в котлах накипь. Для удаления растворенных в воде кислорода и углекислого газа воду подвергают термической обработке – деаэрации (дегазации).

* *Зеркало испарения* – поверхность, разделяющая водяной и паровой объемы котла.

Наиболее глубокое умягчение воды обеспечивается методом катионного обмена. Сущность метода заключается в том, что накипеобразующие катионы кальция и магния замещаются в воде на катионы натрия и водорода, которые образуют хорошо растворимые соединения. Наибольшее распространение получил метод натрий-катионирования. Катионит, например сульфоуголь, насыщают катионами натрия, обрабатывая его раствором поваренной соли. При прохождении через слой катионита жесткой воды происходит реакция, при которой катионы кальция и магния присоединяются к катиониту, а в воду вытесняются катионы натрия. Вместо труднорастворимых в воде солей кальция и магния образуются легкорастворимые соединения натрия, например $NaHCO_3$, Na_2SO_4, $NaOH$. В результате происходит умягчение воды.

Деаэрация осуществляется путем нагрева воды до температуры кипения (при определенном давлении) в специальных устройствах – деаэраторах.

Устройство катионитовых фильтров для умягчения воды и деаэраторов подробнее рассматривается далее в разделе «Оборудование водоподготовки».

НАЗНАЧЕНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ИСПАРЕНИЯ ВОДЫ В КОТЛАХ

С целью уменьшения величины непрерывной продувки котла используется ступенчатое испарение. В этом случае в барабанах котлов с помощью перегородок выделяется солевой отсек, который получает питательную воду из основного (чистого) отсека котла. За счет дополнительного испарения в циркуляционном контуре солевого отсека поддерживается более высокая концентрация примесей. Из солевого отсека производится продувка, величина которой уменьшается за счет повышенного содержания примесей в продувочной воде. В котлах ступенчатого испарения нашли также применение выносные циклоны, используемые в качестве второй ступени испарения.

ЕСТЕСТВЕННАЯ И ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ ТЯГА

Для сжигания топлива в топку котла необходимо непрерывно подавать воздух, а образующиеся дымовые газы удалять в атмосферу.

При движении воздуха и газов в котле возникает аэродинамическое сопротивление. Для его преодоления котлы оборудуются тяговыми и дутьевыми устройствами. Различают котлы с естественной тягой, уравновешенной тягой и наддувом.

В котлах с естественной тягой сопротивление газового тракта преодолевается за счет разности плотности атмосферного воздуха и газов в дымовой трубе. Естественная тяга зависит от высоты дымовой трубы и температуры воздуха и дымовых газов. Чем выше труба, тем больше естествен-

ная тяга. Воздух становится более тяжелым при понижении температуры, а газы тем легче, чем выше их температура. Естественная тяга улучшается в ясную зимнюю погоду. Наоборот, тяга хуже в летнее время, а также в сырую (влажную) погоду. Кроме того, на естественную тягу влияют направление и сила ветра, барометрическое давление.

В котлах с уравновешенной тягой давление в топке поддерживается близким к атмосферному совместной работой дутьевого вентилятора и дымососа. На рис. 2 показана тягодутьевая установка, состоящая из вентилятора, воздуховодов, дымососа, газоходов и дымовой трубы. В этой системе на создание тяги расходуется электрическая энергия, идущая на привод тягодутьевых машин. Дымовая труба служит лишь для выброса дымовых газов в верхние слои атмосферы. Искусственная тяга мало зависит от метеорологических факторов, легко регулируется и способна обеспечить устойчивую работу котла.

В котлах с наддувом сопротивление газового тракта преодолевается работой дутьевых вентиляторов (при этом давление в топке и газовом тракте котла поддерживается выше атмосферного).

КЛАССИФИКАЦИЯ КОТЛОВ ПО ДАВЛЕНИЮ ПАРА

Паровые котлы с давлением пара менее 1,0 МПа (10 кгс/см^2) в энергетике относят к котлам низкого давления, от 1,0 до 10 МПа (от 10 до 100 кгс/см^2) – к котлам среднего давления, котлы высокого давления предназначены для получения пара с давлением свыше 10 до 22,5 МПа (свыше 100 до 225 кгс/см^2). Деление котлов по давлению пара является условным. Так, в коммунальных котельных границей между низким и высоким давлением считается избыточное давление 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2).

ПОВЕРХНОСТЬ НАГРЕВА КОТЛА

Котлы собираются из отдельных элементов: барабанов, трубных пучков, коллекторов, экранов, пароперегревателей.

Поверхность нагрева котла образуется теми элементами котла, через которые теплота продуктов сгорания передается нагреваемой воде или пару. В зависимости от способа получения теплоты различают радиационную и конвективную поверхности нагрева. Площадь поверхности нагрева измеряется в квадратных метрах. Металл поверхностей нагрева котлов работает в тяжелых условиях: он находится под большим давлением воды или пара, имеет высокую температуру, изнашивается в результате коррозии и эрозии, в процессе эксплуатации изменяются его механические свойства.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ ГАРНИТУРЫ

К гарнитуре котлов относятся различные дверцы, люки, лючки, гляделки, газовые заслонки, взрывные предохранительные клапаны, обдувочные аппараты и т. п. Гарнитура используется при обслуживании котла. Для осмотров, очистки и ремонтов топки и газоходов котлов используются круглые и прямоугольные лазы с дверцами. На рис. 9 показан взрывной предохранительный клапан, состоящий из металлической рамы, к которой на сетке крепится лист из асбеста.

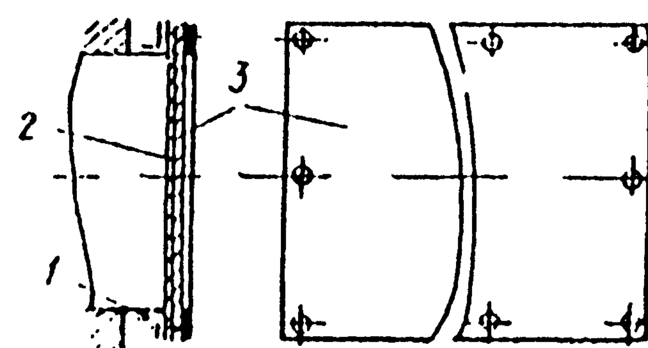


Рис. 9. Взрывной предохранительный клапан:
1 – рама; 2 – сетка; 3 – асбестовый картон

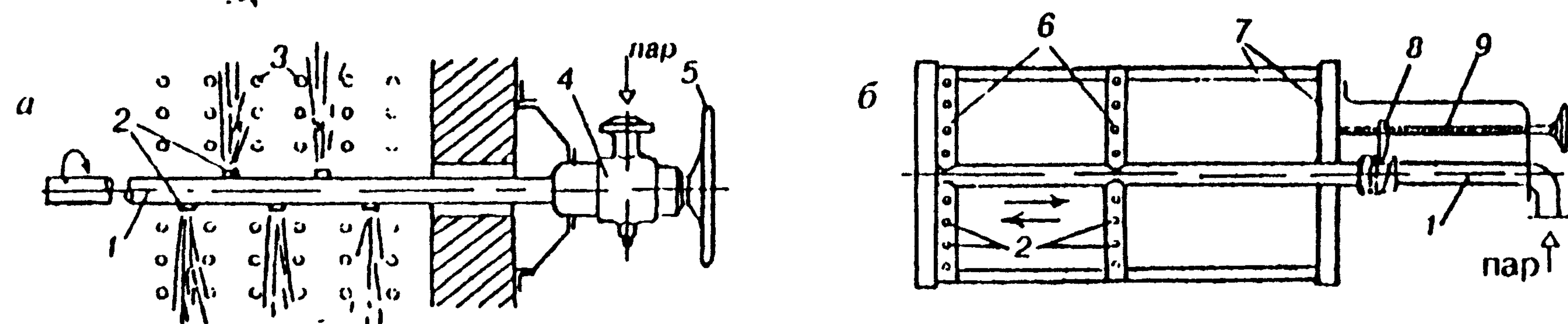


Рис. 10. Обдувочные аппараты:
а – конвективного пучка; *б* – чугунного экономайзера; *1* – труба для подачи пара; *2* – сопла; *3* – трубы конвективного пучка, *4* – головка; *5* – маховик; *6* – патрубки с соплами; *7* – рама; *8* – каретка; *9* – винт

Обдувочные аппараты (рис. 10) предназначены для очистки поверхности нагрева котлов и экономайзеров от наружных загрязнений. Для обдувки используется пар или сжатый воздух.

Обдувочный аппарат для конвективного пучка котла представляет собой трубу *1* из жаропрочной стали с соплами *2*, через которые с большой скоростью вытекает пар или воздух. Трубу вращают с помощью маховика *5*. Пар (воздух) подводится к головке аппарата *4*. Аппарат для обдувки чугунных ребристых труб состоит из труб *6* с соплами *2*, устанавливаемых на раме *7*. При обдувке аппарат совершает возвратно-поступательное движение с помощью каретки *8* и винта *9* с маховиком.

Через неплотности гарнитуры в котел может подсасываться холодный воздух, что снижает КПД котла. Проверка плотности закрытия люков, гляделок и лючков производится осмотром и поднесением к возможным щелям листа бумаги, который будет присасываться к ним (при работе котла на естественной или уравновешенной тяге).

ОБМУРОВКА КОТЛА

Обмуровка – это система огнеупорных и теплоизоляционных ограждений, которая обеспечивает необходимую плотность котла и уменьшает потери теплоты от наружного охлаждения. Для обеспечения безопасной работы персонала температура наружной поверхности обмуровки не должна превышать 55°С. Обычно обмуровка выполняется из нескольких слоев. Внутренний слой (футеровка) выполняется из огнеупорных материалов: шамотного кирпича или изделий из шамота, жароупорных бетонов и пр. В качестве огнеупорных обмазок используются хромитовые, хроммагнезитовые, карборундовые. Наружные слои обмуровки выполняются из теплоизоляционных материалов: красный кирпич, диатомит, совелит, стеклянная или минеральная вата, асбест и изделия из него. По конструкции обмуровка может быть тяжелой и облегченной. Тяжелая выполняется из шамотного и красного кирпича как свободно стоящая. Облегченная обмуровка может быть накаркасной и натрубной. Облегченная обмуровка крепится к трубам котла или к специальному каркасу.

ПАРОВОЙ КОТЕЛ Е-1/9

Схема котла Е-1/9 показана на рис. 11. Котел состоит из двух барабанов *11* и *13*, пучка конвективных труб *12*, двух боковых и одного фронтально-потолочного экранов. Трубы боковых экранов приварены к нижнему *2* и верхнему *5* коллекторам, трубы потолочного экрана приварены к поперечному коллектору *4* и верхнему барабану *11*. Барабаны имеют внутренний

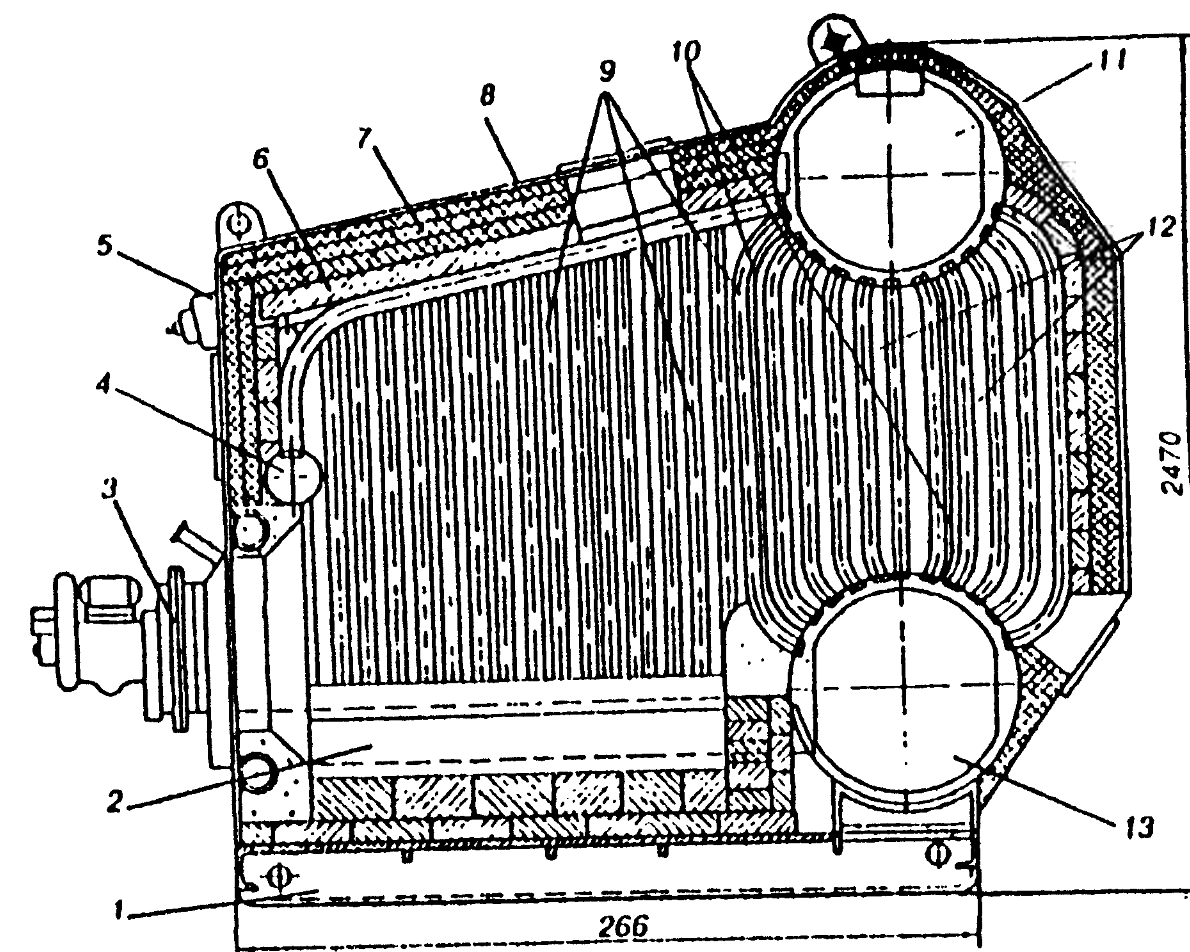


Рис. 11. Паровой котел Е-1/9:
1 – рама; *2* – нижний коллектор; *3* – горелка АР-90; *4* – поперечный коллектор; *5* – верхний коллектор; *6* – огнеупорный кирпич; *7* – тепловая изоляция; *8* – облицовка; *9* – трубы экранов; *10* – газовые перегородки; *11* – верхний барабан; *12* – конвективный пучок; *13* – нижний барабан

диаметр 650 мм и толщину стенки 8 мм, с торцов установлены плоские люки для доступа в барабаны. Испарительная система котла собрана на сварке и установлена на общей раме *1*. Котел имеет облегченную обмуровку в металлической облицовке. Для сжигания мазута установлено горелочное устройство АР-90 с ротационной горелкой. Поверхность нагрева котла составляет 30 м². Общая масса котла 5,24 т, в том числе масса металла – 2,1 т. Поставляется заводами в собранном виде.

ПАРОВОЙ КОТЕЛ ДКВр-4-13

ДКВр – паровые двухбарабанные котлы вертикально-водотрубные* реконструированные. Паропроизводительность котла 4 т/ч; избыточное давление насыщенного пара 13 кгс/см².

* *Водотрубный котел* – котел, в котором вода, пароводяная смесь и пар движутся внутри труб поверхностей нагрева, а продукты сгорания топлива – снаружи труб.

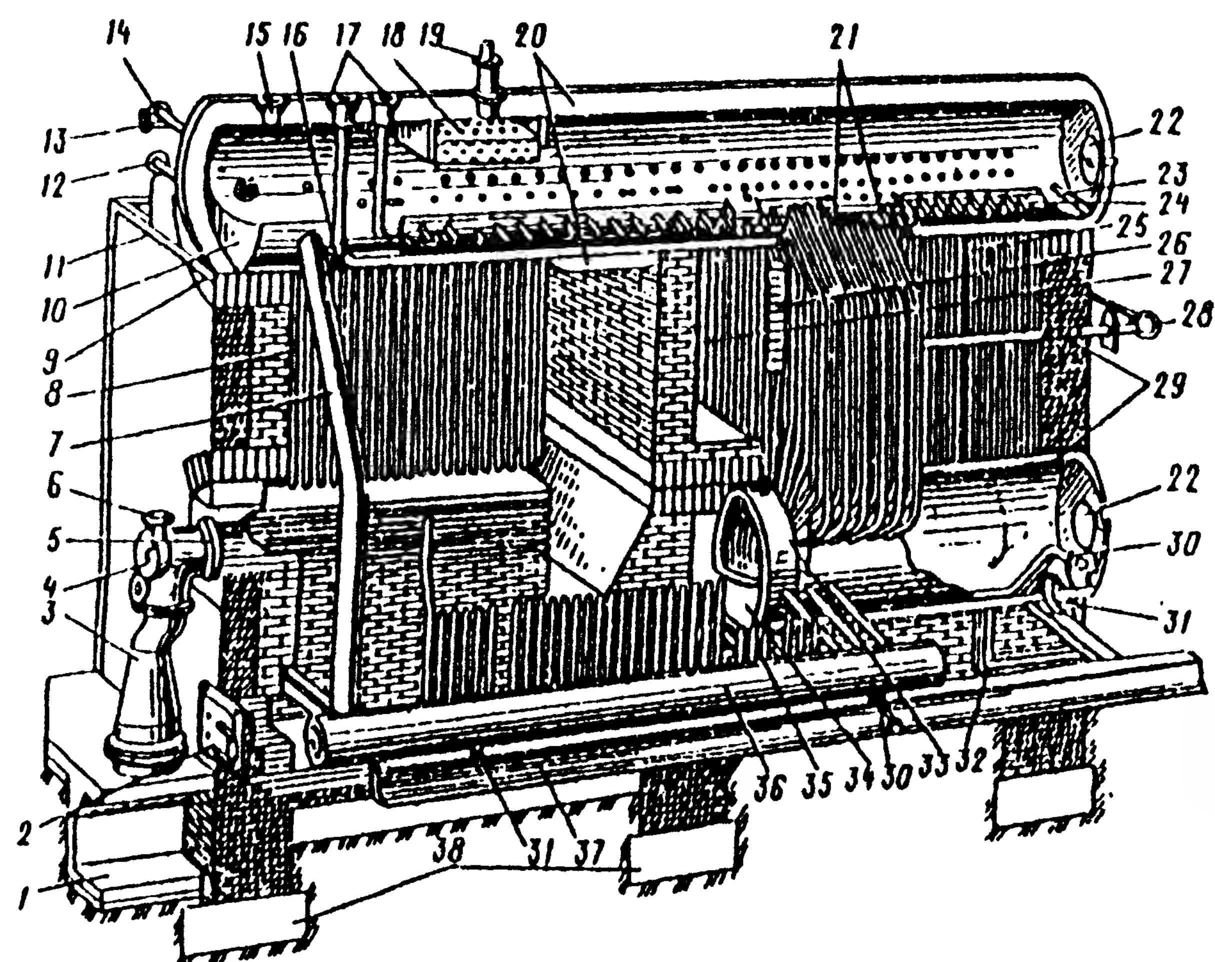


Рис. 12. Паровой котел ДКВр-4-13:
1 – короб подвода воздуха; *2* – дверца топки; *3* – воздуховод; *4* – фланец форсунки; *5* – горелка; *6* – фланец воздуховода острого дутья; *7* – опускная труба; *8* – экранные трубы; *9* – обмуровка котла; *10* – верхний барабан котла; *11* – каркас обмуровки; *12* – труба к приборам котла; *13* – фланец водомерного стекла; *14* – фланец сигнализатора предельного уровня; *15* – патрубок предохранительного клапана; *16* – контрольная пробка; *17* – патрубок подвода питательной воды; *18* – сепарирующие устройства; *19* – патрубок отвода пара; *20* – теплоизоляция котла; *21* – питательные трубки; *22* – лазовый затвор барабана котла; *23* – трубка непрерывной продувки; *24* – трубы конвективного пучка; *25* – чугунная перегородка; *26* – кирпичная перегородка; *27* – камера догорания; *28* – обдувочный аппарат; *29* – асбестовые шнуры; *30* – труба периодической продувки; *31* – подвижная опора котла; *32* – дренажная труба; *33* – опора кирпичной перегородки; *34* – нижний барабан котла; *35* – неподвижная опора котла; *36* – коллектор экрана, *37* – опорная рама; *38* – фундамент котла

Конструктивная схема ДКВр-4-13 (рис. 12) включает два барабана *10* и *34* с внутренним диаметром 1000 мм, два боковых экрана, топку и конвективный газоход. Как правило, на фронте котла устанавливают две горелки *5* типа ГМГ (см. рис. 7).

Трубы боковых экранов развальцованы в верхнем барабане одним концом и приварены к коллекторам другим концом. Трубы конвективного пучка *24* развальцованы в верхнем и нижнем барабанах.

Котел имеет три контура циркуляции. Два контура составляют левый и правый боковые экраны. Третий – контур конвективного пучка. Опускными трубами конвективного пучка являются трубы последних рядов, расположенные во втором газоходе. Верхний барабан с коллекторами соединен опускными трубами *7*, проложенными в обмуровке топки, и подъемными трубами экранов *8*, расположенными в топке. Для более надежной и устойчивой работы циркуляционных контуров боковых экранов из нижнего барабана вода подается в боковые коллекторы по перепускным трубам.

За топкой размещена камера догорания *27*. Камера догорания обеспечивает защиту конвективного пучка от попадания пламени, а также уменьшает химический недожог. Из топки дымовые газы выходят в камеру догорания через окно в правом верхнем углу стенки, разделяющей топку и камеру догорания.

Конвективный пучок разделен на два газохода перегородками *25* и *26*, благодаря чему увеличивается длина пути дымовых газов. Выход дымовых газов осуществляется в газоход через окно, находящееся в задней стенке обмуровки топки.

Для очистки труб (при работе на мазуте и твердом топливе) котлы оборудованы стационарным обдувочным аппаратом *28* с расположенной по оси котла вращающейся трубой, имеющей ряд сопел (диаметром 8 мм). Прибор крепится на каркасе задней стенки котла.

ПАРОВОЙ КОТЕЛ КЕ-4-14

Устройство котла показано на рис. 13. Котел имеет два барабана: верхний *7* удлиненный и нижний *15* укороченный. К удлиненной части верхнего барабана

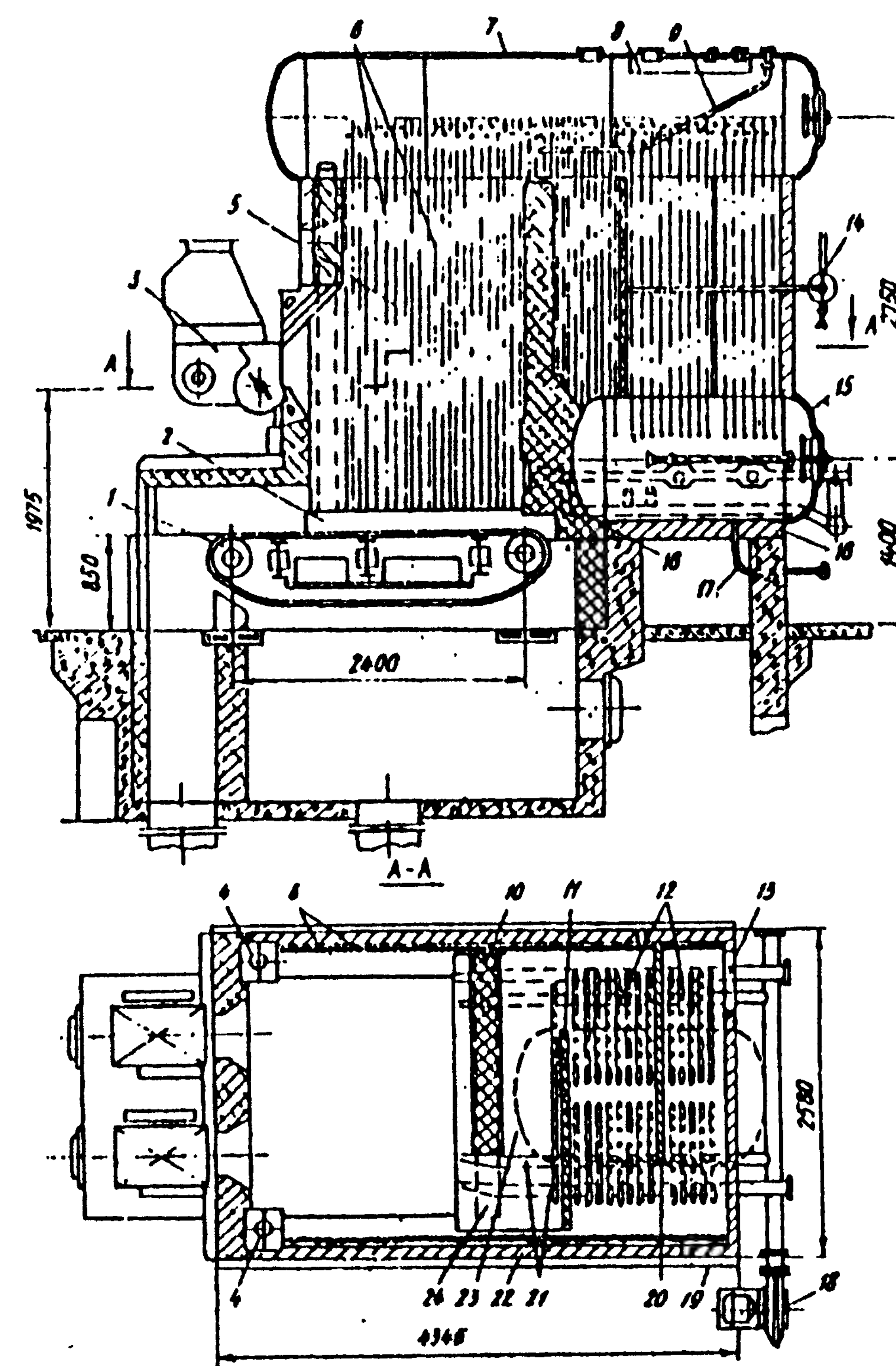


Рис. 13. Паровой котел КЕ-4-14:
1 – цепная решетка;
2 – коллекторы;
3 – забрасыватель топлива;
4 – опускные трубы;
5 – топочная камера;
6 – трубы экранов;
7 – верхний барабан;
8 – дырчатый лист;
9 – трубы питательной воды;
10, 11 – шамотные перегородки;
12 – трубы конвективного пучка;
13 – окно для выхода газов;
14 – обдувочный аппарат;
15 – нижний барабан;
16 – балки рамы;
17 – продувочная труба;
18 – вентилятор возврата уноса;
19 – обвязочный каркас;
20 – чугунная перегородка;
21 – воздуховоды системы возврата уноса;
22 – обмуровка;
23 – камера догорания;
24 – окно для отвода газов из топки

7 подсоединены трубы экранов *6*, нижние концы которых приварены к коллекторам *2*. Вода из верхнего барабана поступает в коллекторы по опускным трубам *4*, а из нижнего барабана – по перепускным трубам. Барабаны котла соединяются пучком кипятильных труб *12*. Испарительная система котла (барабаны, трубы, коллекторы) опирается на опорную металлическую раму *16*, установленную на фундаменте.

Для сжигания угля котел оборудован ленточной цепной решеткой *1* и пневмомеханическим забрасывателем *3*. Дымовые газы из топки выходят в камеру догорания *23*, отделенную шамотными перегородками *10* и *11*, а затем проходят через газоходы котла и удаляются через окно *13*. Для возврата уносимой в газоходы угольной пыли котел оборудован специальной системой воздуховодов *21* с вентилятором возврата уноса *18*.

Боковые стены и потолочные перекрытия топки газоходов образованы двухслойной облегченной обмуровкой *22*, а передняя и задняя стены выложены из шамотного кирпича и теплоизоляционных плит. Снаружи обмуровка покрыта металлической обшивкой. Котел оборудован лестницами и площадками.

Полная поверхность нагрева котла КЕ-4-14 составляет 114 м², масса металла – 11,4 т, внешние габариты: 6,9x4,17x5,03 м. Паропроизводительность – 4 т/ч, абсолютное давление пара – 14 кгс/см².

ПАРОВОЙ КОТЕЛ ДЕ-6,5-14

Двухбарабанный котел с естественной циркуляцией типа ДЕ предназначен для сжигания газа и мазута. Характерной особенностью котла является расположение топочной камеры сбоку от конвективного пучка, что позволяет сжигать в ней длиннопламенное топливо: газ и мазут.

Устройство котла показано на рис. 14*а* и рис. 14*б*. Верхний *7* и нижний *3* барабаны котла имеют одинаковую длину и диаметр. К барабанам присоединяются на вальцовке трубы конвективного пучка *12*. Крайние трубы пучка образуют левый газоплотный экран, а правый, потолочный и подовый экраны топки образованы гнутыми С-образными трубами, концы которых присоединены к нижнему и верхнему барабанам. Передний *4* и задний *14* экраны образуются прямыми трубами, приваренными к верхним и нижним коллекторам. В задней части топки оставлено окно для входа газов в конвективный пучок, который разделен продольными стальными перегородками на два газохода. После разворота в пучке газы выходят из котла через окно в задней стенке.

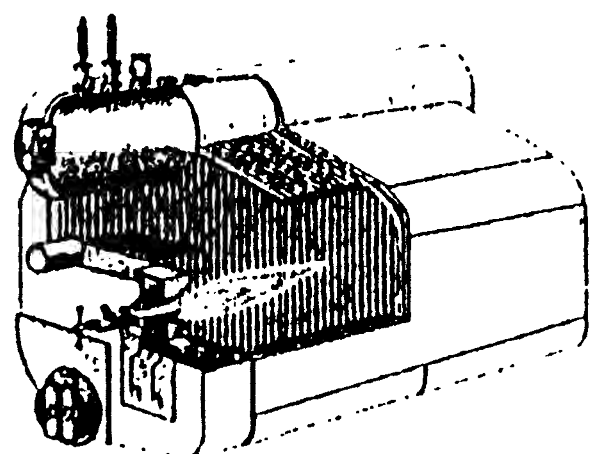


Рис. 14*а*. Общий вид котла ДЕ

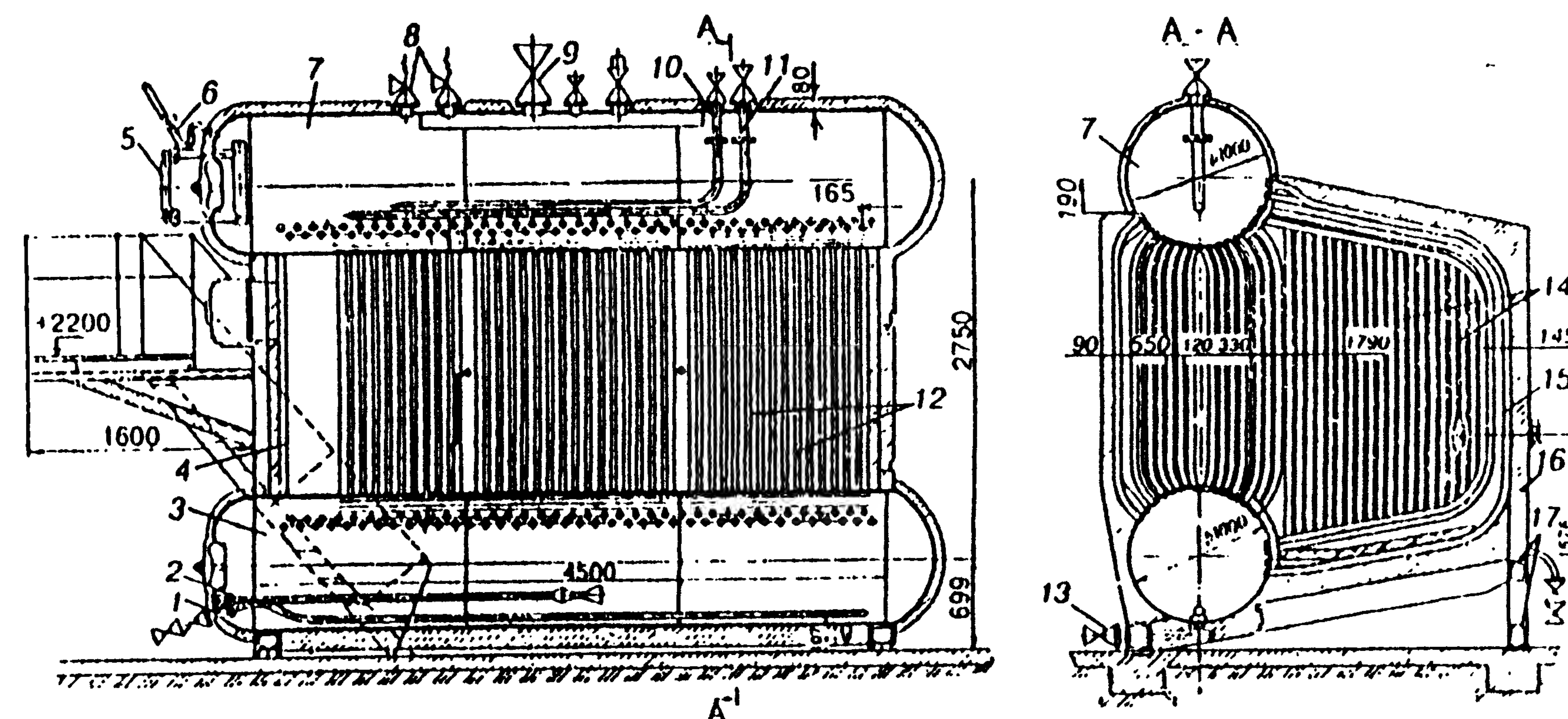


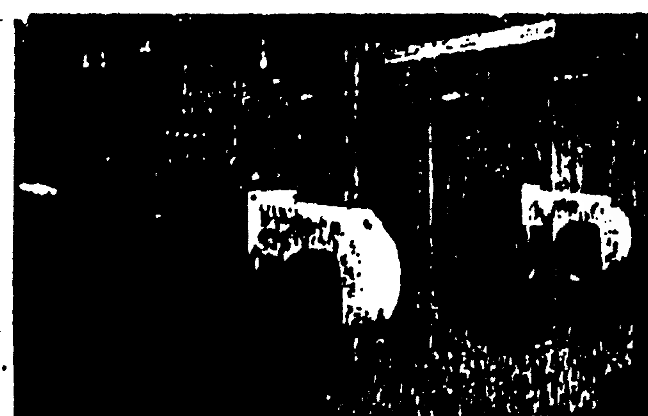
Рис. 14б. Паровой котел ДЕ-6,5-14:
1 – труба для продувки; *2* – труба для парового разогрева; *3* – нижний барабан; *4* – передний экран, *5* – водоуказательный прибор; *6* – манометр; *7* – верхний барабан; *8* – предохранительные клапаны, *9* – главный парозапорный вентиль; *10* – труба для подачи питательной воды; *11* – труба для ввода фосфатов; *12* – трубы конвективных пучков; *13* – штуцер для спуска воды; *14* – задний экран, *15* – боковой экран; *16* – обмуровка; *17* – опорная рама

Блок котла установлен на опорную раму *17*. Обмуровка боковых стен котла делается натрубной легкой, фронтовая и задняя стенки котла выполнены из слоя огнеупорного кирпича или шамотобетона. Для обеспечения газоплотности котел имеет металлическую обшивку. Для сжигания газа и мазута котлы комплектуются комбинированными газомазутными горелками. Полная поверхность нагрева котла 96 м², масса металла 9,5 т, габаритные размеры 5,05x4,3x5,05 м. Паропроизводительность котла 6,5 т/час, абсолютное давление пара 14 кгс/см².

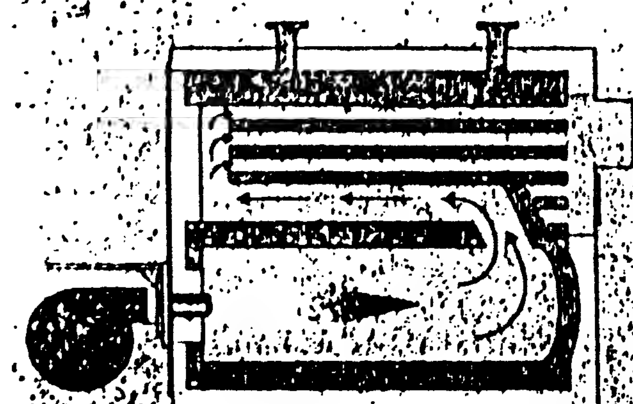
ГАЗОТРУБНЫЙ (ЖАРОТРУБНЫЙ) ПАРОВОЙ КОТЕЛ

На рис. 15 показан трехходовой горизонтальный цилиндрический газотрубный (жаротрубный) котел* немецкой фирмы Viessmann, номинальная тепловая мощность которого может составлять от 375 до10 000 кВт, а давление пара от 6 до 16 кгс/см². Корпус котла диаметром около 2 м имеет два днища. К переднему днищу прикреплена жаровая труба (топка) и передняя дымовая камера, а к заднему – задняя дымовая камера. В стенках дымовых камер закреплены концы дымогарных труб. Газы в котле движутся последовательно – после жаровой трубы разворачиваются и поступают в трубы второго газохода, затем делают разворот в передней камере и поступают в трубы третьего газохода. Таким образом, дымовые газы в котле совершают три

* *Газотрубный котел* – котел, в котором продукты сгорания топлива проходят внутри труб поверхностей нагрева, а вода и пароводяная смесь – снаружи труб.



а



б

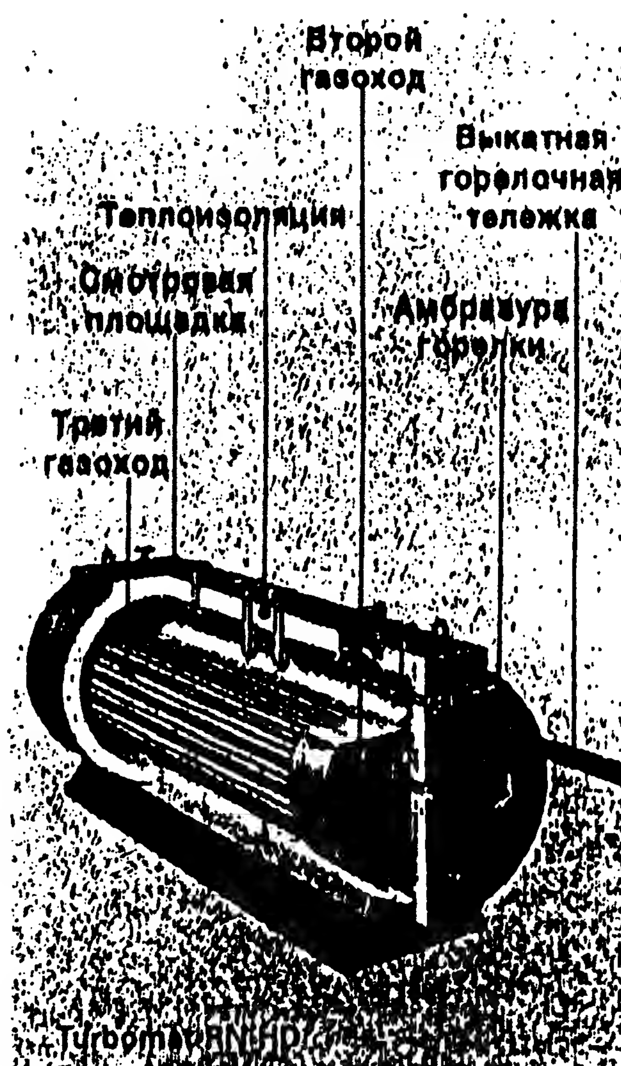


Рис. 15. Газотрубный паровой котел Turbomat-RN-HD фирмы Viessmann:
а – общий вид котлов; *б* – схема движения дымовых газов; *в* – конструкция котла

хода. Выход дымовых газов осуществляется через патрубок на задней стенке котла. Наружные стенки камер охлаждаются поступающей в котел питательной водой. Снаружи корпус котла покрыт слоем тепловой изоляции и имеет металлический кожух. Котел работает под наддувом.

Благодаря значительному объему воды такие котлы обладают при работе запасом тепла и особенно удобны в котельных с переменным расходом пара или горячей воды. Газотрубные котлы занимают меньше места по сравнению с водотрубными котлами.

КОТЕЛ ТИПА КВ-ГМ-10

Водогрейный котел предназначен для работы на газе и мазуте. Устройство котла показано на рис. 16*а*, а схема движения воды в котле – на рис. 16*б*. Водогрейные котлы работают по прямоточному принципу. Вода от места входа в котел до места выхода проходит прямым током. Топка котла *2* отделена перегородкой от камеры догорания *3*, из которой дымовые газы отводятся в вертикальную шахту – конвективный газоход. Топка со всех сторон имеет экраны, выполненные из параллельных труб, замыкающихся на коллекторы. В шахте конвективного газохода *6* установлены пакеты *5* из труб размером 28x3 мм. Трубы пакетов согнуты в виде змеевиков, концы труб присоединяются к вертикально установленным стоякам из труб большего диаметра. Для

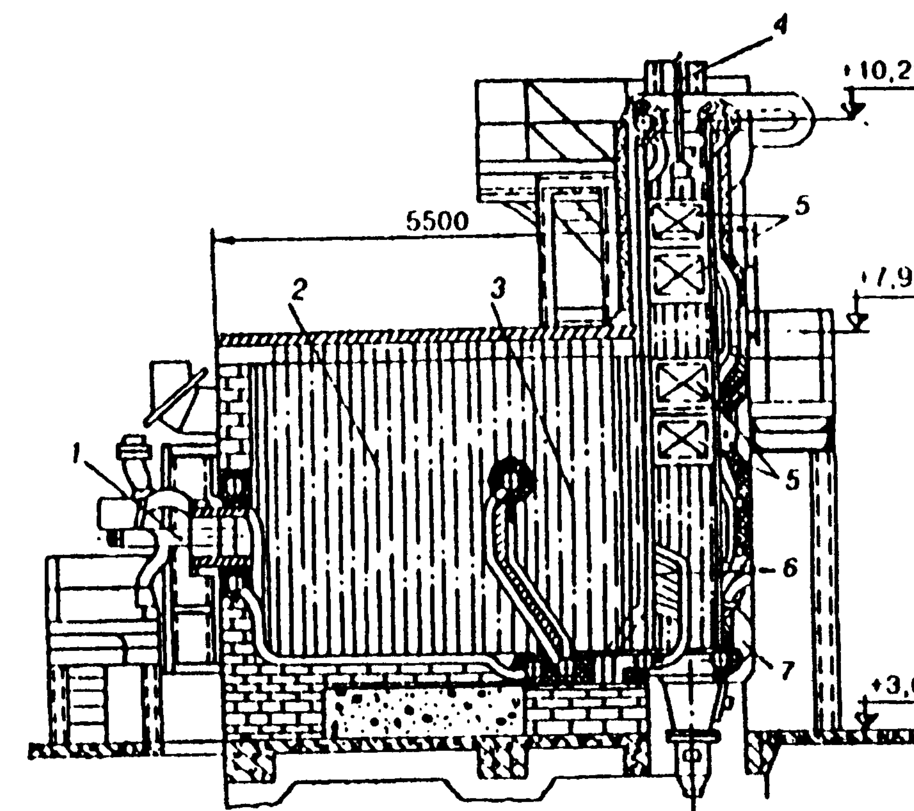


Рис. 16*а*. Водогрейный котел КВ-ГМ-10:
1 – ротационная горелка; *2* – топочная камера; *3* – камера догорания; *4* – дробеочистка, *5* – пакеты конвективных поверхностей нагрева; *6* – экранирующие трубы конвективного газохода, *7* – нижний бункер для дроби

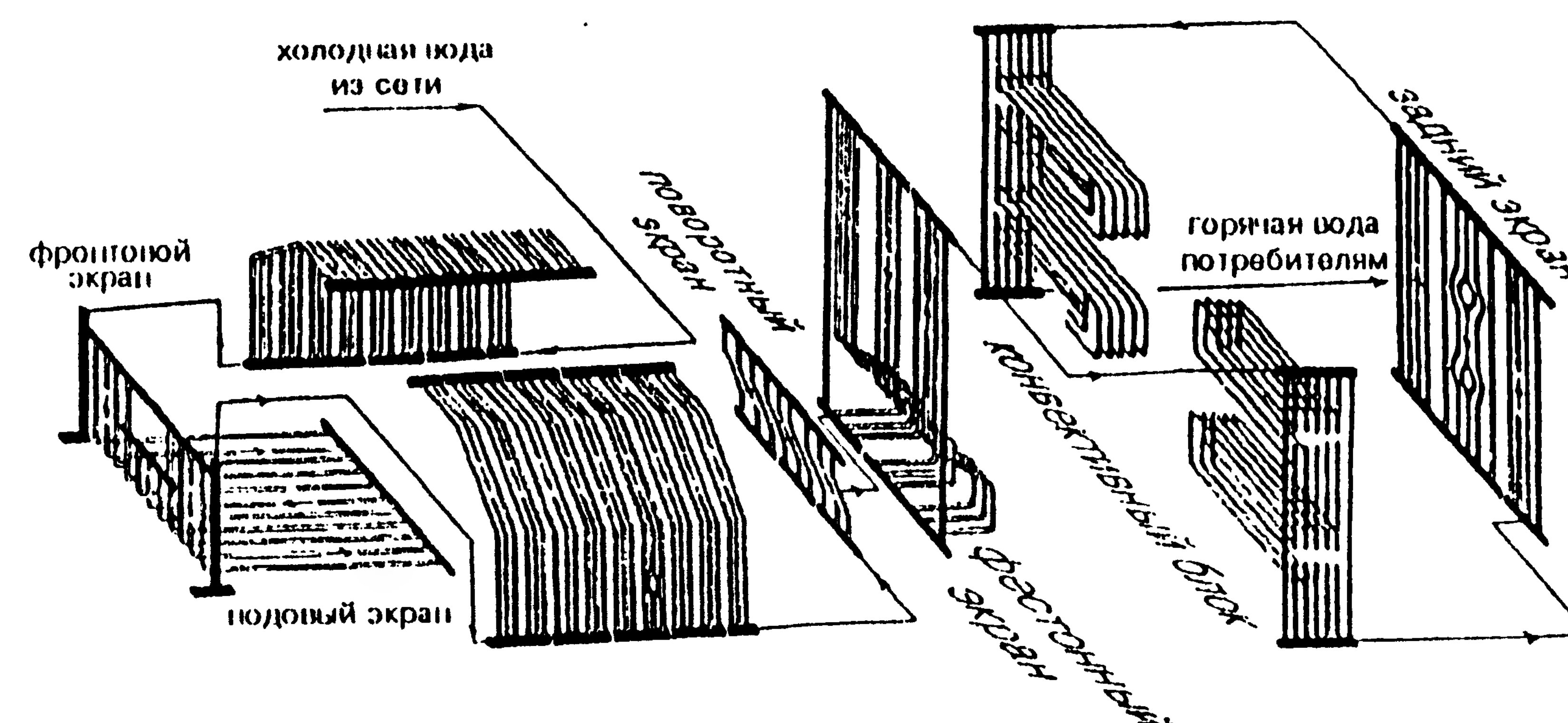


Рис. 16*б*. Схема циркуляции воды в котле КВ-ГМ-10

удаления наружных загрязнений с поверхностей конвективных труб при работе на мазуте используется дробеочистка. Обмуровка котла облегченная, натрубная. Передняя стена топочной камеры закрыта (футерована) шамотным кирпичом.

Для сжигания газа и мазута котел оборудуется ротационной газомазутной горелкой *1* типа РГМГ. В котле вода нагревается до 150°C. Вода проходит через коллекторы в трубы экранов, а затем отводится в трубы конвективного пучка. Для обеспечения необходимой скорости движения воды коллекторы экранов разделены перегородками. Из верхних коллекторов отводится воздух по

специальным трубам. Теплопроизводительность котла составляет 10 Гкал/час (11,63 МВт), давление воды до 2,5 МПа, расход воды через котел 123,5 т/ч. Площадь поверхности нагрева – 295,1 м². Расчетный КПД котла: на газе – 92%; на мазуте – 88%. Масса котла – 18,4 т.

ЧУГУННЫЕ СЕКЦИОННЫЕ КОТЛЫ

Чугунные котлы собираются из отдельных секций, которые получают путем отливки. Форма и размеры секций могут быть самыми разнообразными (рис. 17). Для подвода и отвода воды в нижней и верхней части имеются

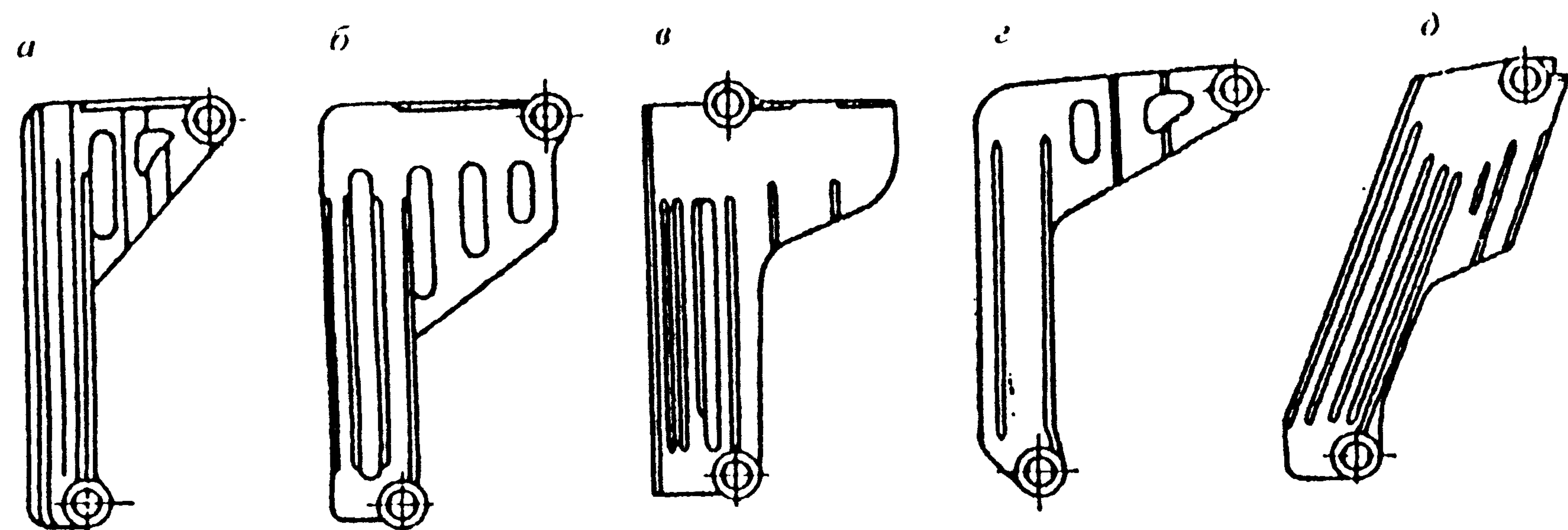


Рис. 17. Секции различных моделей чугунных котлов:
а – «Универсал»; *б* – «Энергия»; *в* – МГ-2; *г* – Э5-Д2; *д* – унифицированных котлов

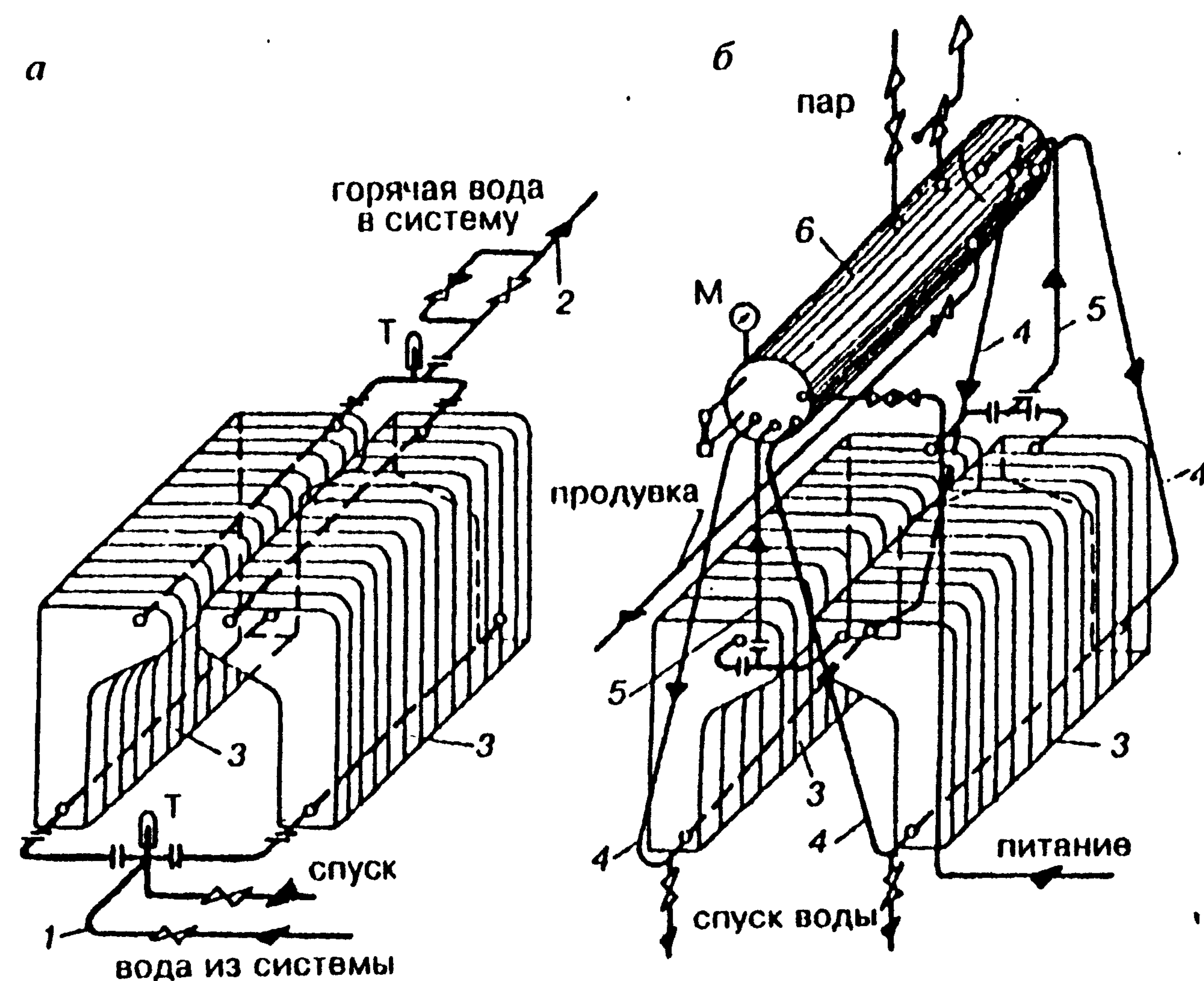


Рис. 18. Схемы водогрейного (*а*) и парового (*б*) чугунных котлов:
1 – подвод воды; *2* – отвод воды; *3* – пакеты; *4* – опускные циркуляционные трубы; *5* – подъемные трубы; *6* – барабан

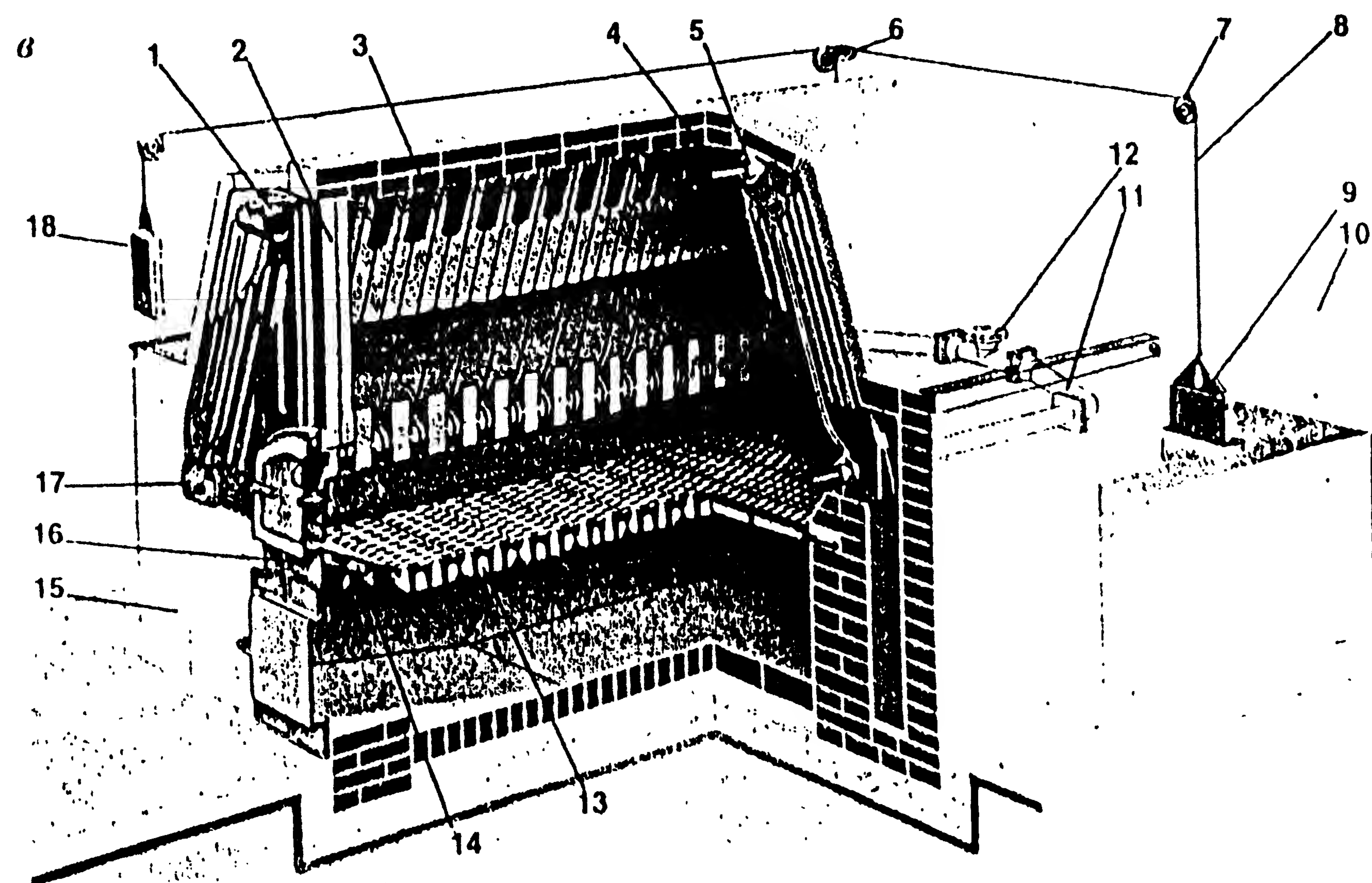


Рис. 18*в*. Чугунный секционный котел «Универсал-6» с топкой для сжигания антрацита:
1 – тройник верхний; *2* – секция крайняя; *3* – секция средняя; *4* – болт стяжной; *5* – ниппель, *6* – блок для шибера с двумя роликами; *7* – блок для шибера с одним роликом; *8* – канат стальной; *9* – шибер; *10* – боров (общий газоход); *11* – отвод; *12* – тройник нижний; *13* – колосники; *14* – плита передняя; *15* – окно для чистки; *16* – плита фронтовая; *17* – фланец; *18* – противовес

ниппельные отверстия. Для соединения секций друг с другом используются гладкие конусные ниппели и стяжные болты. Стяжные болты проходят через специальные приливы в крайних секциях и ниппельные отверстия. Для организации движения газов с наружной стороны секций отлиты ребра, которые стыкуются при сборке с ребрами соседних секций. Снаружи пакеты секций чугунных котлов закрываются обмуровкой или тепловой изоляцией.

В зависимости от назначения чугунные котлы выполняются водогрейными или паровыми. В водогрейных котлах (рис. 18*а*) вода подводится через нижние ниппельные отверстия задних секций и параллельными потоками распределяется по секциям котла. Нагретая вода собирается в верхних ниппельных отверстиях и отводится из котла. На входе и выходе воды на трубопроводах устанавливаются термометры и манометры. Вокруг задвижки на выходе из котла устраивается обводная линия с обратным клапаном, обеспечивающая движение воды через котел в случае случайного закрытия основной задвижки.

При использовании чугунных котлов в качестве паровых (рис. 18*б*) они оборудуются верхними барабанами, которые соединяются с пакетами сек-

ций циркуляционными трубами. Опускные циркуляционные трубы *4* соединяют верхний барабан с нижними ниппельными отверстиями пакетов-секций, а подъемные трубы *5* соединяют верхние ниппельные отверстия пакетов секций с барабаном и служат для входа пароводяной смеси под уровень воды в барабане котла. При этом образуются контуры естественной циркуляции. Общий вид водогрейного котла типа «Универсал-6» показан на рис. 18*в*.

Чугунные котлы рассчитаны на получение насыщенного пара с абсолютным давлением до 0,17 МПа и воды с температурой до 115°С.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, КОНСТРУКЦИЯ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ

Пароперегреватели предназначены для перегрева насыщенного пара, используемого для технологических и энергетических нужд. В котлах малой и средней мощности для перегрева используются конвективные пароперегреватели змеевикового типа. Пар перегревается в них до 225 – 250°С. В энергетических котлах кроме конвективных применяются радиационные и полурадиационные пароперегреватели. Пароперегреватели обычно выполняются из труб малого диаметра (28–30 мм), параллельно присоединенных к барабану котла (коллектору) и к коллектору перегретого пара. Трубы пароперегревателя крепятся с помощью уголков в газоходе котла и дистанцируются планками. Перегретый пар собирается в коллекторе и через патрубок отводится в паропровод котельной.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ

Экономайзером называется устройство, обогреваемое продуктами сгорания топлива и предназначенное для подогрева или частичного парообразования воды, поступающей в паровой котел.

Экономайзеры предназначены для снижения температуры уходящих газов и повышения КПД котла. Экономайзеры, в которых нагревается вода для питания паровых котлов, называются питательными, а для нагрева воды тепловой сети – теплофикационными. По материалу экономайзеры разделяются на чугунные и стальные. На рис. 19 показан чугунный экономайзер, основными элементами которого являются оребренные чугунные трубы. Во избежание разрушения труб экономайзера от гидравлических ударов, опасность которых появляется при закипании воды, чугунные экономайзеры выполняют некипящими. Согласно требованию «Правил»* температура воды на выходе из некипящего экономайзера должна быть

* Здесь и далее «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», утвержденные Госгортехнадзором России в 1993 г. с Изменением № 1 и Изменением № 2.

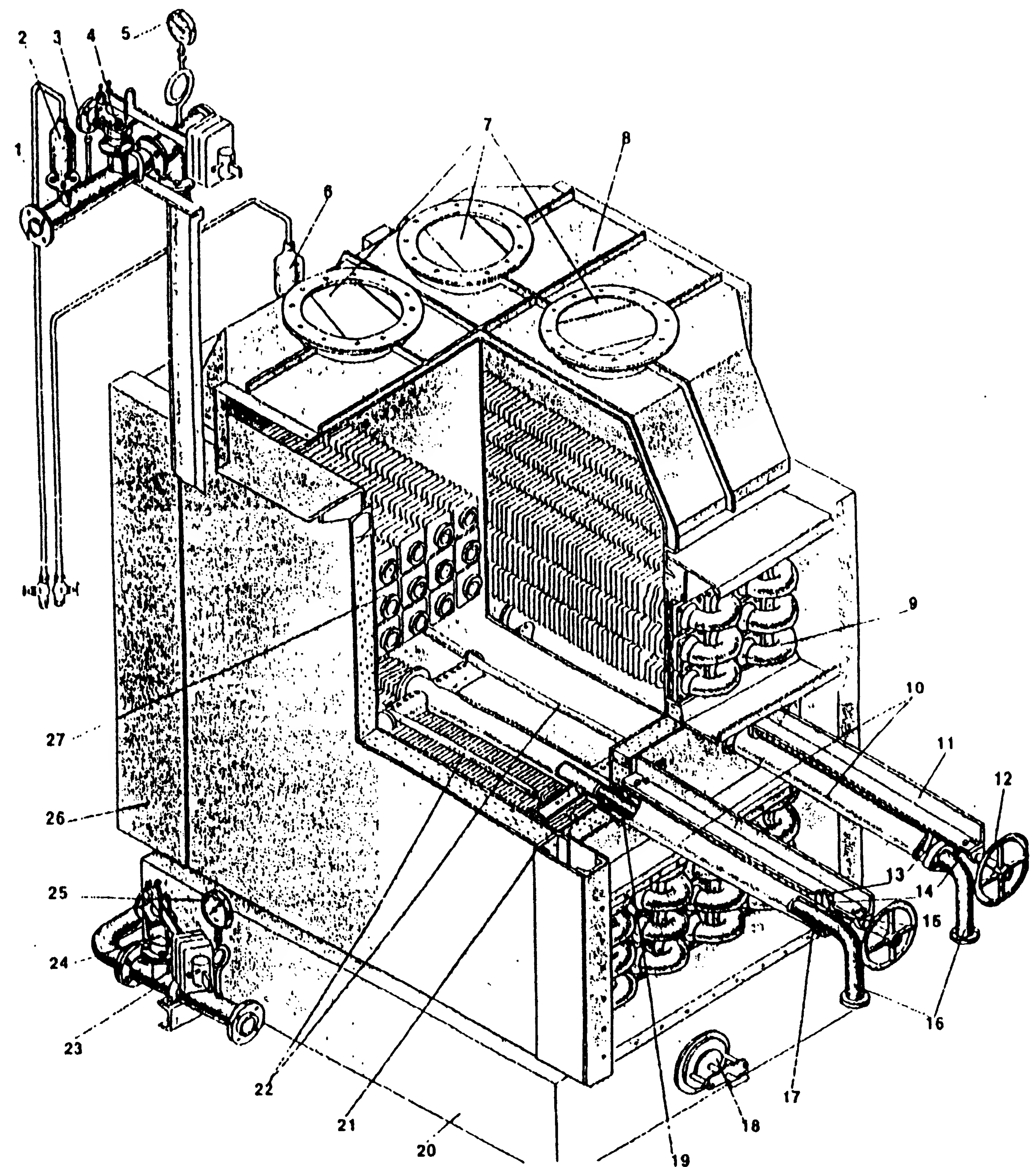


Рис. 19. Чугунный экономайзер:

1 – верхний коллектор; *2* – вантуз; *3* – гильза термометра; *4* – предохранительный клапан; *5* – манометр, *6* – вантуз; *7* – взрывные клапаны; *8* – короб; *9* – дуга; *10* – обдувочная подвижная трубная система; *11* – привод обдувочного устройства; *12* – маховик; *13* – вилки; *14* – винты; *15* – грундбуксы; *16* – пароподводящие трубы; *17* – сальник; *18* – лючок; 19 – сальник; 20 – фундамент; 21 – каркас; 22 – стержни; 23 – нижний коллектор; 24 – предохранительный клапан; 25 – манометр; 26 – корпус; 27 – ребристая труба

не менее чем на 20°С ниже температуры кипения воды в котле при рабочем давлении.

Чугунные оребренные трубы укладываются горизонтальными рядами одна на другую. Квадратные фланцы на концах труб уплотняют асбестовым шнуром и образуют две стенки экономайзера. Боковые стенки выполняют из кирпича или обшивки с тепловой изоляцией. Трубы соединяются друг с другом дугами.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Воздухоподогреватели предназначены для глубокого охлаждения уходящих дымовых газов за счет нагрева воздуха, поступающего в топку котла. При этом снижается потеря теплоты с уходящими газами и улучшается процесс горения топлива. В отопительных и промышленных котлах воздухоподогреватели устанавливаются, как правило, при сжигании влажных топлив, таких как бурые угли, торф, древесные опилки.

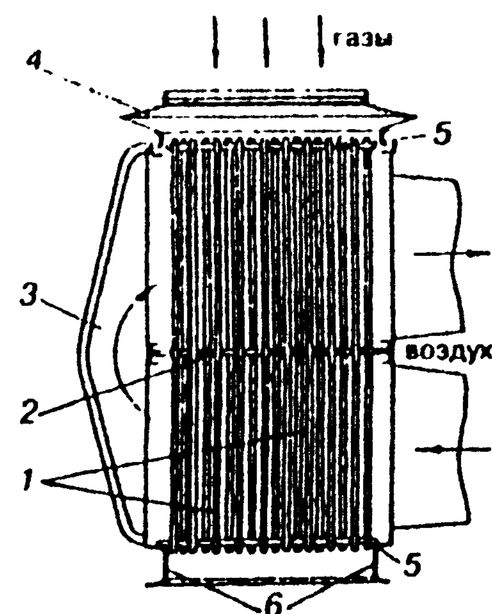


Рис. 20. Трубчатый воздухоподогреватель:
1 – трубы; *2* – промежуточная перегородка; *3* – воздухоперепускной короб; *4* – компенсатор; *5* – трубные доски; *6* – балки каркаса

По способу передачи теплоты от газов к воздуху различают рекуперативные и регенеративные (вращающиеся) воздухоподогреватели. На рис. 20 показан рекуперативный трубчатый воздухоподогреватель, который состоит из пучка прямых стальных труб, концы которых приварены к плоским трубным доскам. Газы проходят сверху вниз внутри труб. Воздух проходит между трубами снаружи с разворотом на 180°. Для этого снаружи воздухоподогреватель имеет плотную обшивку, а внутри – промежуточные перегородки.

Трубчатые подогреватели отличаются простотой конструкции, удобством монтажа. В то же время трубы из углеродистой стали могут быстро разрушаться под действием низкотемпературной коррозии и золового износа.

ВНУТРИБАРАБАННЫЕ УСТРОЙСТВА

В барабанах паровых котлов размещается ряд устройств, необходимых для работы котла. К ним относятся различные сепарационные устройства, перегородки для создания отсеков при двухступенчатом испарении, питательные трубы (лотки), трубы для непрерывной и периодической продувки, устройство для подачи пара от соседних котлов (паровой разогрев) и др.

Для отделения воды от пара в верхнем барабане котла устанавливают сепарационные устройства: потолочные дырчатые листы, жалюзийные сепараторы, погруженные дырчатые листы, внутрибарабанные циклоны.

ВОДОУКАЗАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Водоуказательные приборы служат для наблюдения за положением воды в паровом котле. Действие водоуказательных приборов основано на принципе сообщающихся сосудов. Наиболее часто применяются водоуказательные приборы с плоским рифленым стеклом (рис. 21, 22). Прибор состоит из рамки, в которой между корпусом и крышкой вставлено плоское стекло. Призматические продольные риски на стекле обеспечивают хорошую видимость границы вода – пар: вода в стекле кажется черной, а пар светлым. С помощью двух труб водоуказательный прибор присоединяется к паровому и водяному пространству котла. Для отключения и продувки на водоуказательном приборе устанавливаются три крана: паровой, водяной и продувочный. Для проверки правильности показаний прибора его необходимо продувать не реже одного раза в смену.

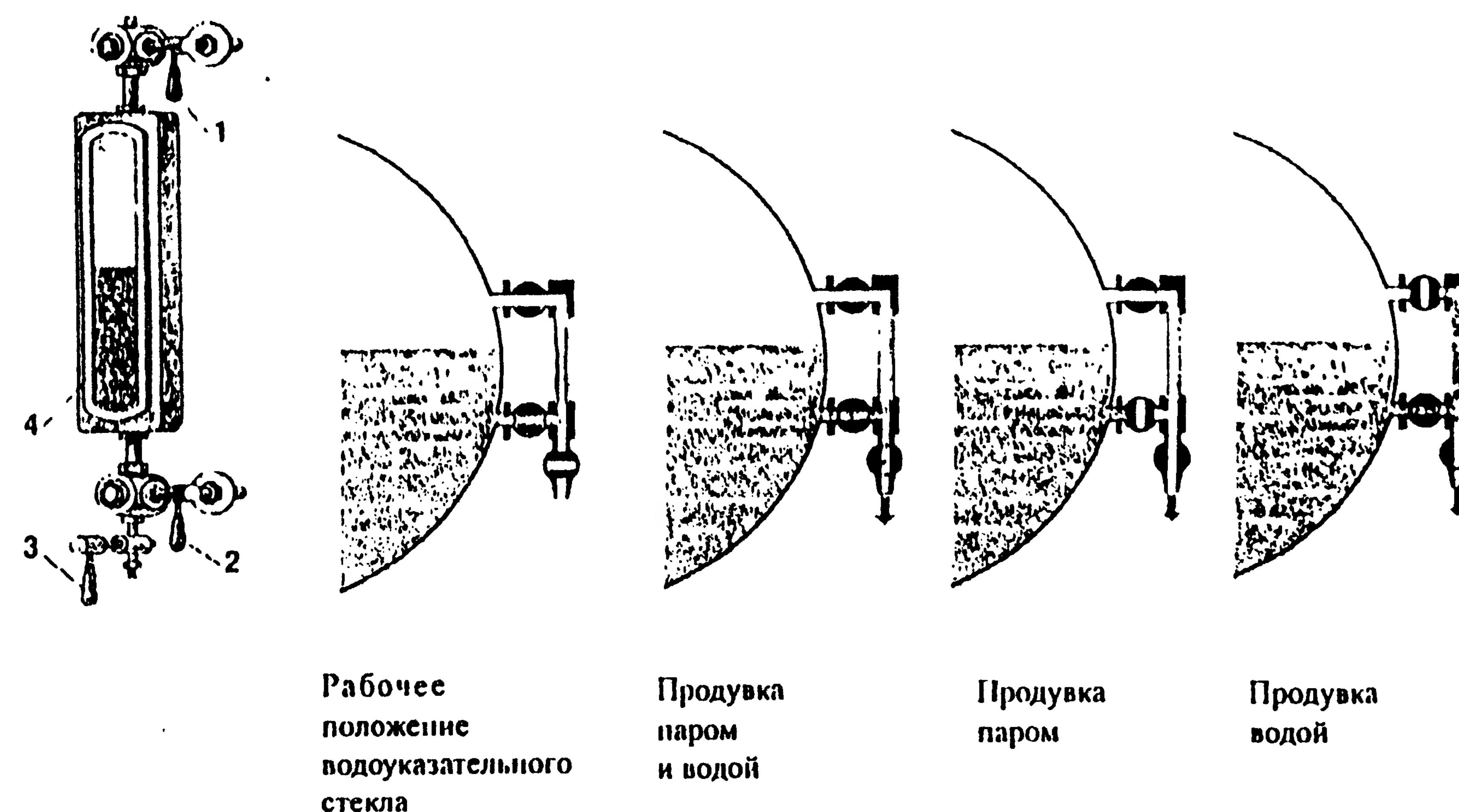
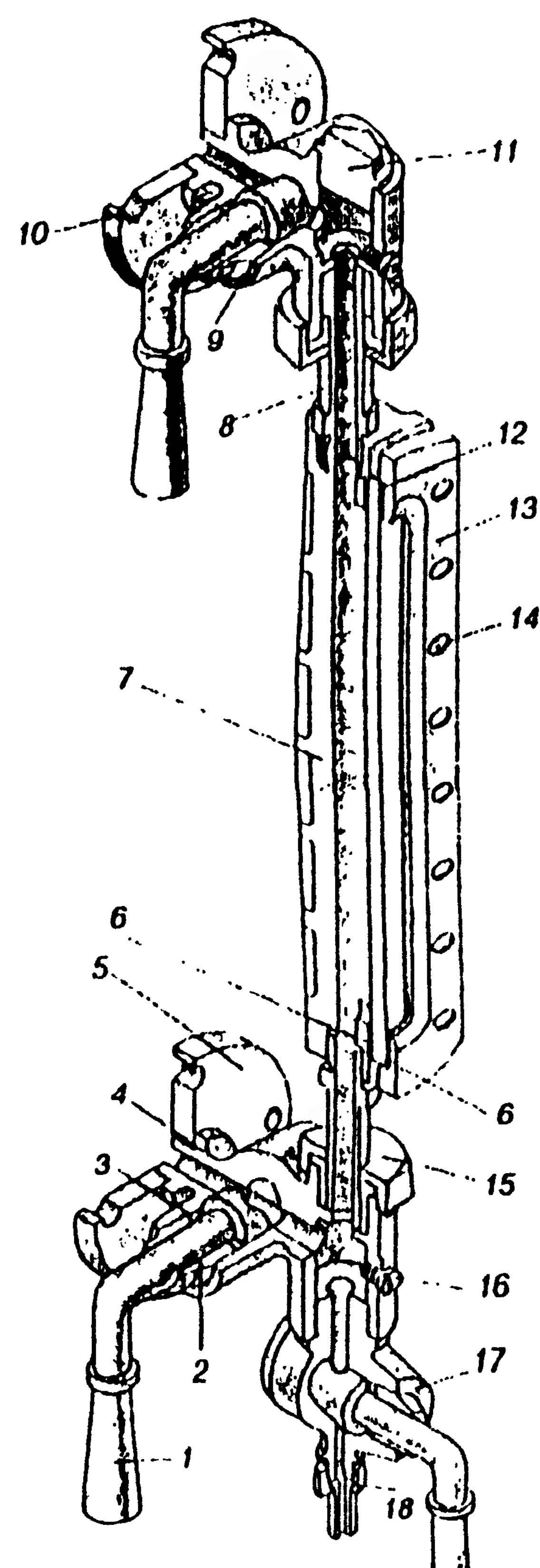


Рис. 21. Продувка водоуказательного стекла:
1 – паровой кран; *2* – водяной кран; *3* – продувочный кран; *4* – стекло



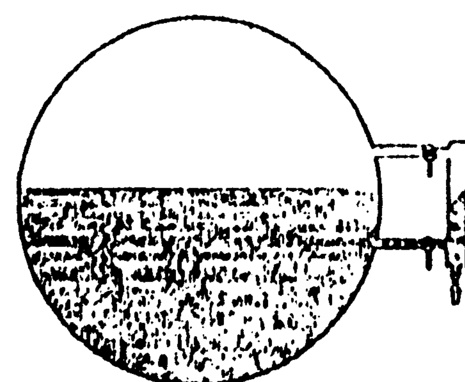


Рис. 22. Водоуказательный прибор:
1 – рукоятка водяного крана;
2 – гайка сальника;
3 – набивка сальника;
4 – корпус водяного крана;
5 – фланец крепления прибора;
6 – прокладка;
7 – корпус;
8 – трубка;
9 – корпус парового крана;
10 – фланец крепления прибора;
11 – пробка;
12 – стекло;
13 – крышка;
14 – болт крепления крышки;
15 – накидная гайка;
16 – пробка;
17 – корпус продувочного крана;
18 – накидная гайка дренажной трубки

Порядок продувки:

– замечают уровень воды в стекле, он должен колебаться; замечают амплитуду колебаний;

– открывают продувочный кран, продувают стекло паром и водой одновременно;

– закрывают водяной кран, продувают стекло паром;

– открывают водяной кран, закрывают паровой, продувают стекло водой;

– открывают паровой кран, закрывают продувочный;

– уровень воды должен быстро восстановиться до начального. Медленный подъем уровня воды и отсутствие колебаний свидетельствуют о засорении труб или кранов.

Согласно требованиям «Правил» на каждом паросборнике парового котла должно быть установлено не менее двух указателей уровня воды прямого

действия. Если расстояние от площадки обслуживания до указателя уровня прямого действия более 6 м, а также в случаях плохой видимости стекол должны быть установлены два сниженных дистанционных указателя уровня.

Указатели уровня воды прямого действия должны устанавливаться вертикально или с небольшим (под углом не более 30°) наклоном вперед и должны быть расположены и освещены так, чтобы уровень воды был хорошо виден с рабочего места оператора.

Допускаемые уровни воды отмечаются на рамке прибора с помощью металлических пластин, прикрепленных к корпусу. Высота стекла выбирается такой, чтобы с каждой стороны от допускаемых предельных уровней до границ рамки оставалось не менее 25 мм.

КЛАССИФИКАЦИЯ, НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО АРМАТУРЫ

Под арматурой понимают различные приспособления и устройства, устанавливаемые на трубопроводах котельной.

По назначению арматура делится на:

1) запорную (краны, задвижки, вентили, затворы);
2) регулирующую (вентили, регулирующие клапаны);
3) предохранительную и защитную (предохранительные и обратные клапаны);
4) контрольную (указатели уровня, спускные и воздушные краны) и др.

На рис. 23 показаны некоторые типы арматуры котельной.

Арматура может иметь привод (ручной, механический, электрический) или приводиться в действие потоком среды, изменением ее параметров и т. д.

На входе питательной воды в котел должны быть установлены обратный клапан, предотвращающий выход воды из котла, и запорный орган. Кроме того, обратный клапан и запорный орган должны устанавливаться до экономайзера, неотключаемого по воде, а также до и после отключаемого по воде экономайзера.

В «Правилах» устанавливается ряд требований к арматуре, устанавливаемой на котле и трубопроводах.

Арматура должна иметь четкую маркировку на корпусе, в которой указывают:

1) наименование и товарный знак предприятия-изготовителя;
2) условный проход;
3) условное давление;
4) направление потока среды.

На арматуру с условным проходом 50 мм и более должен быть паспорт (сертификат) завода-изготовителя.

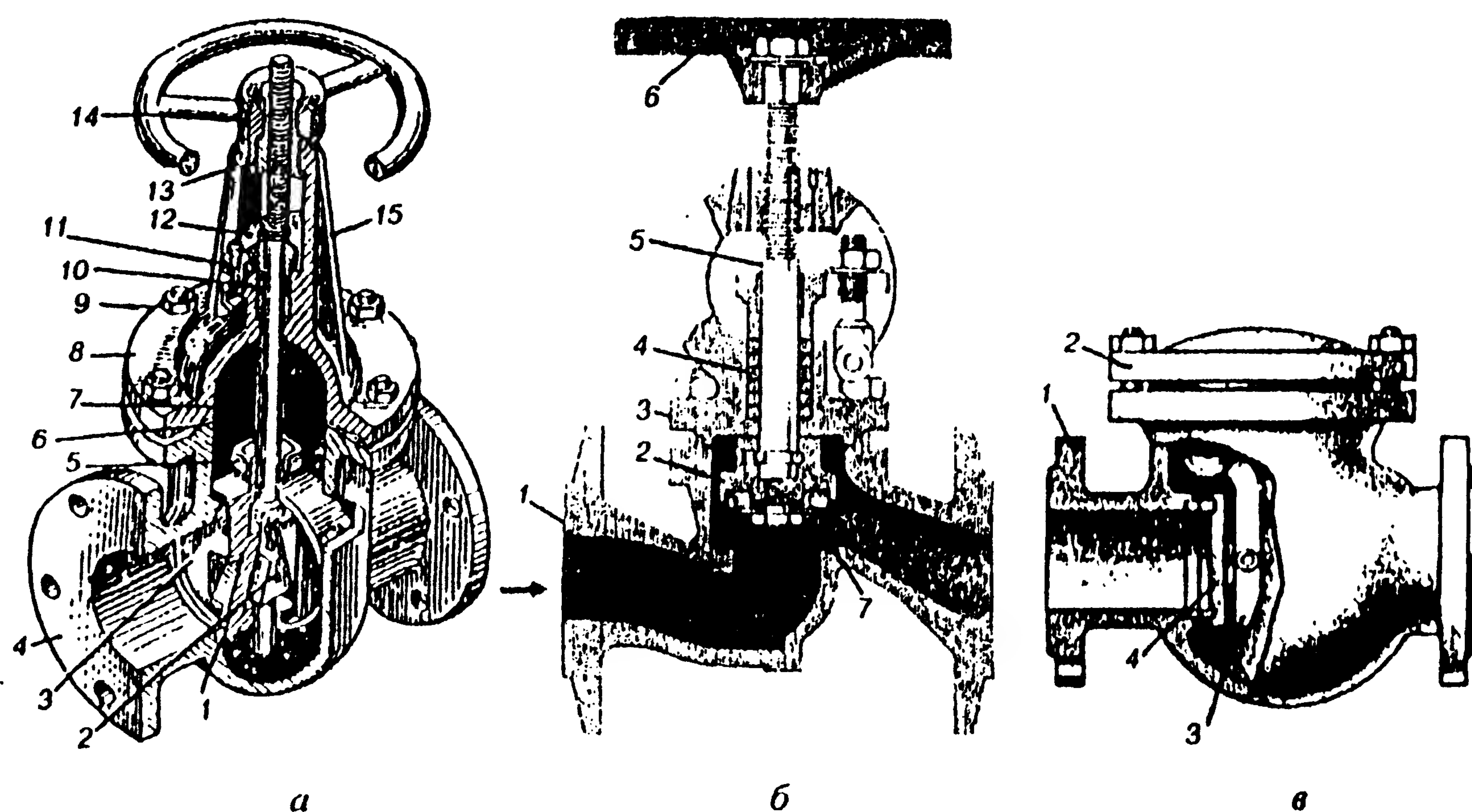


Рис. 23. Арматура:

а – задвижка параллельная: *1* – кольцо седла; *2* – клин; *3* – диск; *4* – корпус; *5* – обойма диска; *6* – прокладка; *7* – шпиндель; *8* – крышка корпуса; *9* – болт с гайкой; *10* – сальниковая набивка; *11* – болт; *12* – крышка сальника, *13* – гайка; *14* – маховик; *15* – траверса; *б* – вентиль запорный фланцевый: *1* – корпус; *2* – клапан; *3* – крышка; *4* – сальниковое уплотнение; *5* – шпиндель; *6* – маховик; *7* – седло; *в* – поворотный обратный клапан: *1* – корпус; *2* – крышка корпуса; *3* – затвор; *4* – диск

На маховиках арматуры должно быть обозначено направление вращения при открытии и закрытии арматуры.

Кроме того, «Правила» регламентируют места установки арматуры, способы ее присоединения к трубопроводам.

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ

Каждый элемент котла, внутренний объем которого ограничен запорными органами, должен быть защищен предохранительными устройствами для автоматического выпуска рабочей среды (пара или воды) в атмосферу при повышении давления сверх допустимого. В качестве предохранительных устройств применяются рычажно-грузовые или пружинные предохранительные клапаны прямого действия, а также импульсные предохранительные устройства (ИПУ).

На рис. 24 показана конструкция рычажно-грузового и пружинного клапанов. В рычажно-грузовом клапане давление рабочей среды на тарелку уравновешивается весом грузов, закрепленных на рычаге. Давление открытия клапана регулируется перемещением грузов вдоль рычага. В пружинном клапане давление среды уравновешивается силой сжатой пружины. Натяже-

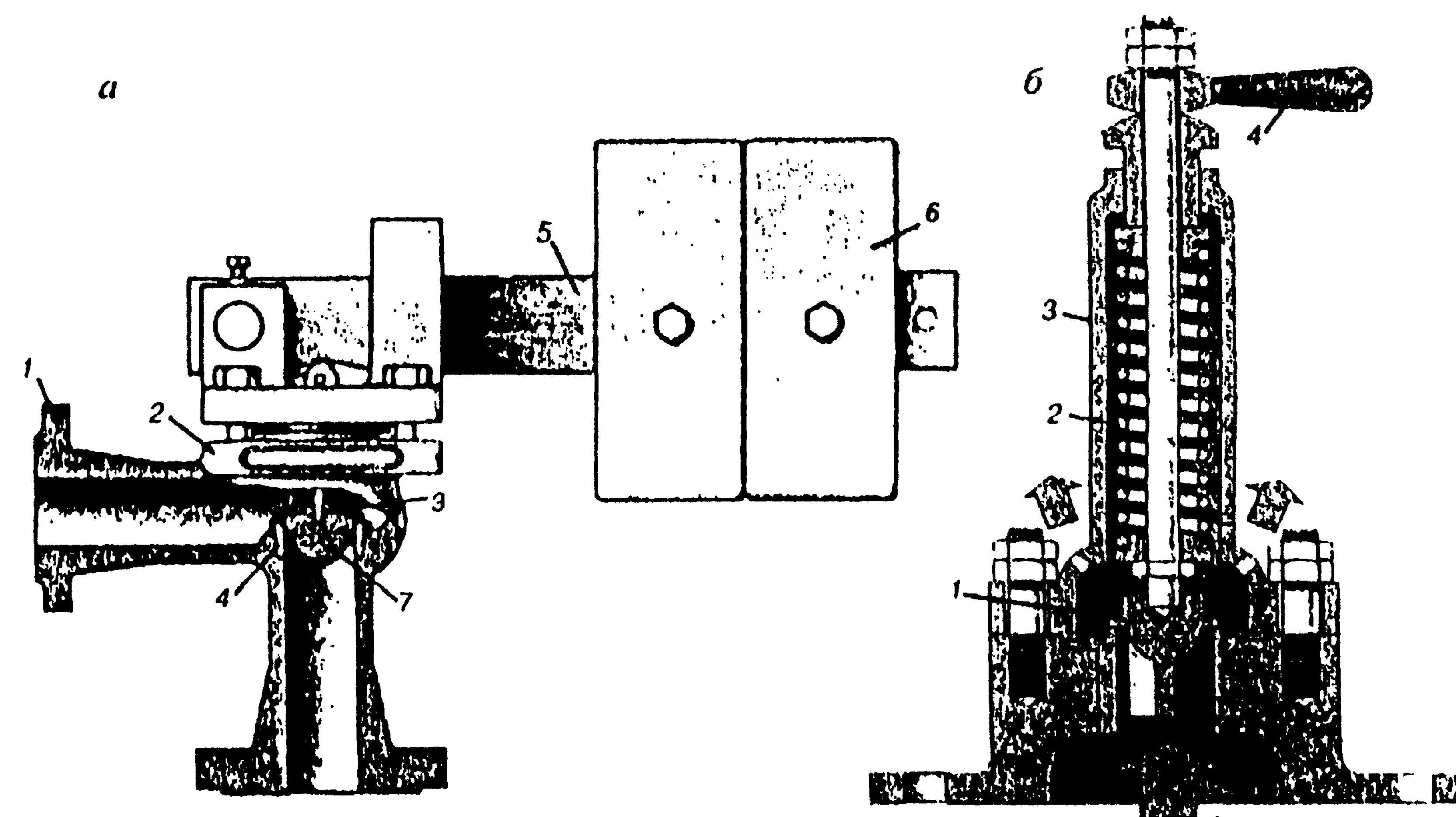


Рис. 24. Предохранительные клапаны:

а – рычажно-грузовой: *1* – корпус; *2* – крышка корпуса; *3* – шпиндель, *4* – седло; *5* – рычаг; *6* – груз съемный, *7* – клапанная тарелка; *б* – пружинный: *1* – клапанная тарелка; *2* – пружина; *3* – корпус; *4* – ручка для опробования клапана

ние (сжатие) пружины регулируется с помощью болта. Согласно «Правилам» конструкция пружинных клапанов должна исключать возможность затяжки пружины сверх установленной величины. В конструкции грузового и пружинного клапанов предусматривается устройство для проверки исправности их действия.

Предохранительные клапаны должны защищать котлы, пароперегреватели и экономайзеры от превышения в них давления более чем на 10% от расчетного (разрешенного).

Трубопровод, отводящий пар от предохранительного клапана в атмосферу, должен иметь трубку для свободного слива конденсата из него.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ КОТЛОВ

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для измерения температуры воды на входе и выходе водогрейного котла и экономайзера, питательной воды, перегретого пара широко используются различные приборы. Эти приборы делятся на *термометры* для измерения температуры контактным методом и *пирометры* для измерения температуры бесконтактным методом. По принципу действия различают термометры расширения (жидкостные, манометрические и дилатометрические), термоэлектрические термометры, термометры сопротивления.

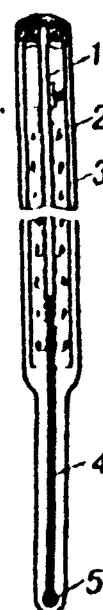


Рис. 25. Стеклянный жидкостный термометр:
1 – запасной объем капилляра; *2* – стеклянная защитная оболочка; *3* – шкала; *4* – капилляр; *5* – резервуар

В котельных установках применяются термометры расширения, принцип действия которых основан на свойстве тел под действием температур изменять свой объем и, следовательно, геометрические размеры.

Жидкостные стеклянные термометры являются показывающими приборами, устанавливаемыми по месту измерения. В качестве рабочих веществ используется ртуть и некоторые органические вещества: толуол, этиловый спирт, керосин.

Стеклянный жидкостный термометр (рис. 25) состоит из резервуара *5* и стеклянного капилляра *4*. Капилляр расположен вдоль шкалы *3*, на которой нанесены отметки температуры в градусах Цельсия. Верхний конец капилляра закрыт. За верхней отметкой шкалы в капилляре оставлен запасной объем *1*, заполненный инертным газом, который предохраняет прибор от повреждений при перегреве. Все детали термометра заключены в стеклянную защитную оболочку *2*.

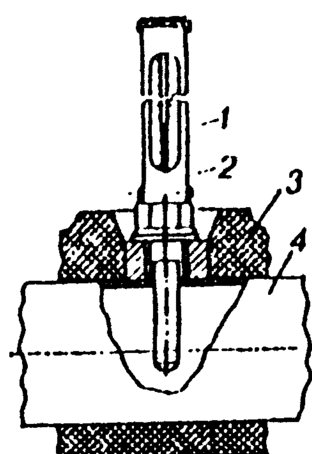


Рис. 26. Установка термометра в защитной гильзе:
1 – термометр; *2* – защитная гильза, *3* – тепловая изоляция; *4* – трубопровод

Жидкостные термометры имеют следующие пределы измерений: ртутные от –35 до +650°С, толуоловые от –90 до +200°С, керосиновые от –60 до +300°С, спиртовые от –80 до +70°С.

Для измерения температуры среды в трубопроводах, котлах, сосудах, находящихся под давлением, термометры устанавливают в защитных гильзах (рис. 26). Чтобы обеспечить хороший тепловой контакт, гильзу заполняют минеральным маслом.

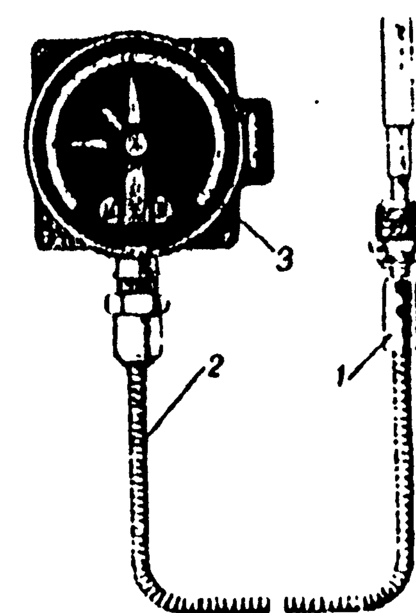


Рис. 27. Манометрический термометр:
1 - термосистема, *2* - капиллярная трубка; *3* - шкала

Твердые вещества, как и жидкости, в зависимости от температуры меняют свои геометрические размеры. На тепловом расширении тел основан принцип действия дилатометрических термометров. Дилатометрические термометры не являются показывающими приборами, а используются, как правило, в схемах сигнализации и защиты. К приборам этого типа относятся температурные реле (ТР-200) и терморегулирующие устройства дилатометрические электрические (ТУДЭ).

Манометрические термометры состоят из баллона, размещаемого в месте измерения температуры, соединительной трубки (капилляра) и пружинного манометра. В баллоне находится газ или легкокипящая жидкость, давление которых передается в трубчатую пружину манометра. Шкала манометра проградуирована в градусах Цельсия.

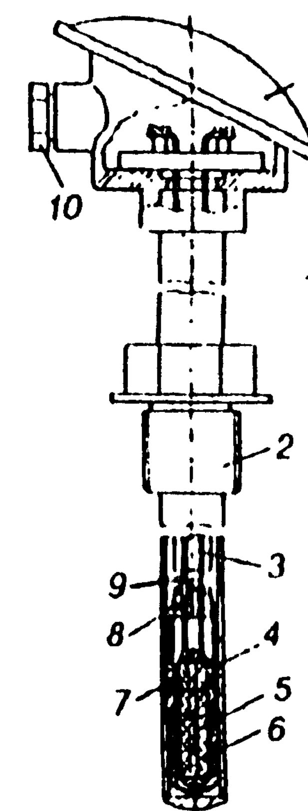


Рис. 28. Устройство термометра сопротивления:
1 - головка; *2*, *10* - штуцера, *3* - изоляторы; *4* - чехол, *5* - каркас; *6* - спираль; *7* - защитная оболочка; *8* - втулка; *9* - выводы

На рис. 27 показано устройство манометрического термометра. Металлический термобаллон *1* соединен с помощью капилляра *2* с трубчатой пружиной манометра, стрелка которого показывает измеренную температуру. В зависимости от вещества, которым заполняется термобаллон, манометрические термометры бывают газовые, конденсационные и жидкостные.

Действие электрического термометра сопротивления основано на свойстве металлов изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Чувствительный элемент сопротивления (рис. 28) выполняют в виде спирали *6* из проволоки, намотанной на каркас *5* из изоляционного материала. Чувствительный элемент заключен в защитную оболочку *7*, которая

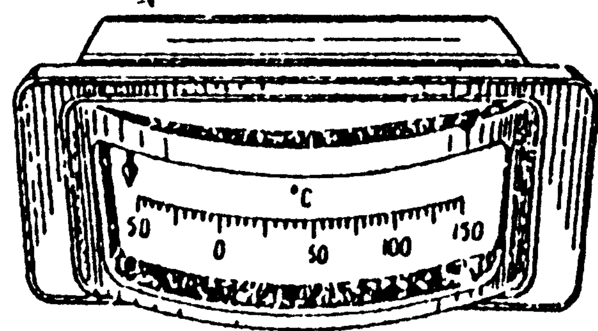


Рис. 29. Логометр магнитоэлектрический типа ЛПр-53

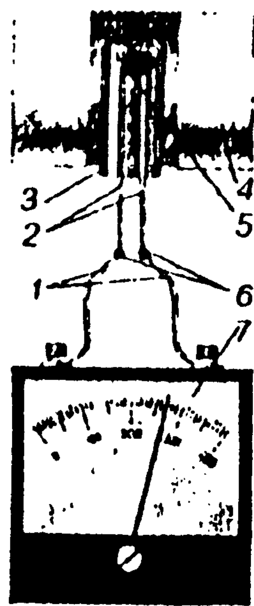


Рис. 30. Схема включения термопары:
1 – компенсационные провода;
2 – термоэлектроды; 3 – гильза;
4 – трубопровод с измеряемой средой, 5 – горячий спай;
6 – холодные спаи (холодные концы); 7 – показывающий прибор

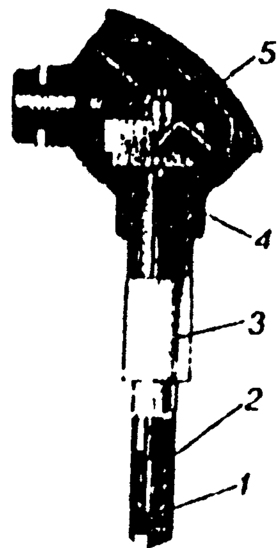


Рис. 31. Армированная термопара:
1 – горячий спай;
2 – жароупорный наконечник;
3 – металлический чехол;
4 – фарфоровые изоляторы;
5 – головка термопары с выходными зажимами

уплотнена керамической втулкой 3. На защитном чехле 4 имеется штуцер с резьбой, с помощью которого термометр устанавливается на трубопроводе или сосуде. С помощью соединительных проводов, проходящих через штуцер 10, термометр соединяется с вторичным прибором, измеряющим величину тока. Для этой цели используются логометры или автоматические уравновешенные измерительные мосты. На рис. 29 показан общий вид логометра.

В котельных установках наибольшее применение получили термометры сопротивления медные (ТСМ). Термометрами сопротивления можно измерять температуры от –50 до +600°С.

Принцип действия термоэлектрических термометров (термопар) основан на том, что в замкнутой цепи, состоящей из двух проводников (например, хромель и копель или железо и копель и т. д.), возникает термоэлектродвижущая сила (ЭДС), если их горячий 5 и холодные 6 спаи (рис. 30) имеют различную температуру. Изменение температуры рабочего спая вызовет соответствующее изменение ЭДС, воспринимаемой вторичным электрическим прибором, в качестве которого может использоваться милливольтметр. Значение ЭДС зависит от материала проводов и температуры горячего и холодного спаев. Обозначают термоэлектрические термометры первыми буквами электродов, например ТХК – термометр хромелькопелевый. Для устранения погрешностей в показаниях прибора к свободным концам присоединяют компенсационные провода, которые отводят в зону с постоянной и известной температурой. Компенсационные провода изготавливают из тех же материалов, что и термопары, или создающих такую же ЭДС.

Электроды обычно защищают фарфоровыми и стальными чехлами (рис. 31). В головке термо-

пары электроды соединяются с компенсационными проводами. По внешнему виду термопары и термометры сопротивления похожи. С помощью термопар измеряют температуру в пределах от –50 до +1300°С.

Пирометры используются, главным образом, при наладке и испытаниях котлов и в данном пособии не рассматриваются.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Для измерения избыточного давления применяются манометры. Измерение небольших избыточных давлений (до 40 кПа) производится напоромерами, а небольших разрежений – тягомерами. Для измерения разности давлений используются дифференциальные манометры (дифманометры).

По принципу действия приборы для измерения давления разделяют на жидкостные, деформационные и электрические.

Жидкостные манометры бывают U-образные (двухтрубные) и чашечные (однотрубные).

Жидкостный тягонапоромер типа ТНЖ (рис. 32) является однотрубным манометром.

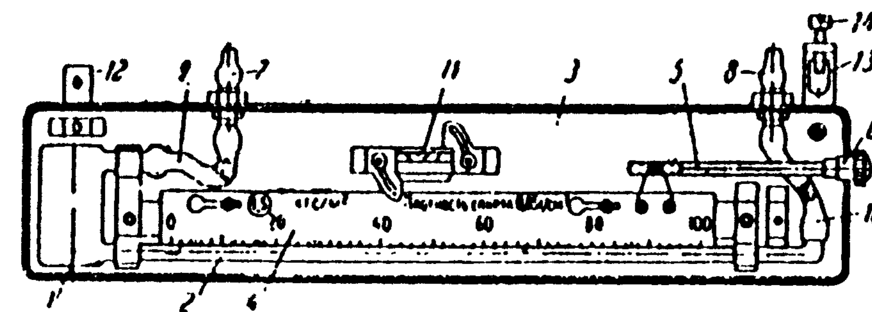


Рис. 32. Жидкостный однотрубный тягонапоромер типа ТНЖ-Н:
1 – стеклянный сосуд; 2 – измерительная трубка; 3 – корпус; 4 – шкала; 5 – регулировочный винт,
6 – головка винта; 7, 8 – штуцера; 9, 10 – резиновые трубки; 11 – уровень; 12 – подвеска;
13 – упор; 14 – винт

Тягонапоромер состоит из стеклянного сосуда 1 и присоединенной к нему стеклянной измерительной трубки 2. Вдоль трубки 2 размещается шкала 4. С помощью ходового винта 5 с головкой 6 производят перемещение шкалы для корректировки нулевой отметки. На корпусе прибора 3 установлены штуцера 7 и 8, соединенные резиновыми трубками 9 и 10 с сосудом и концом измерительной трубки. Прибор устанавливается наклонно к горизонту, угол наклона регулируют с помощью винта 14 по уровню 11.

Тягонапоромеры изготавливаются для настенного ТНЖ-Н и щитового ТНЖ-Щ монтажа.

В котельных установках широко применяются приборы, принцип действия которых основан на упругой деформации чувствительных элементов. В качестве упругих чувствительных элементов применяют мембраны, мембранные

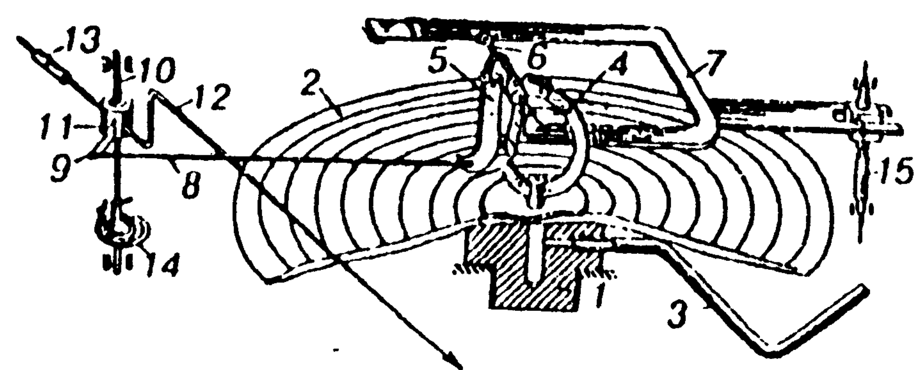


Рис. 33. Схема тягомера мембранного показывающего типа ТМП:
1 – штуцер; *2* – мембранная коробка; *3* – трубка; *4* – поводок, *5* – фасонный рычаг; *6* – винт; *7* – рамка; *8* – тяга; *9, 10* – рычаги; *11* – ось; *12* – стрелка; *13* – противовес; *14* – пружина; *15* – корректор нуля

коробки, сильфоны, трубчатые пружины.

Мембранные тягонапоромеры являются показывающими пружинными приборами. На рис. 33 показана схема мембранного тягомера. В прямоугольном герметичном корпусе при помощи штуцера *1* закреплена мембранная коробка *2*. Полость мембранной коробки с помощью трубки *3* сообщается с атмосферой, а полость корпуса прибора – с измеряемой средой. При изменении разности давлений мембранная коробка сжимается или разжимается, перемещение верхней части передается указательной стрелке *12* через систему: поводок *4*, фасонный рычаг *5*, тягу *8* и рычаг *10*. Конец стрелки *12* передвигается вдоль профильной шкалы (на схеме не показана). Для установки стрелки прибора на начальную отметку шкалы служит корректор нуля *15*.

В манометрах с трубчатой пружиной измеряемое давление подается внутрь одновитковой или многовитковой трубчатой пружины. Перемещение свободного конца пружины передается на показывающее, регистрирующее, сигнализирующее устройство или преобразуется в электрический сигнал для передачи вторичному прибору.

Принцип действия пружинного манометра рассмотрим на примере манометра с одновитковой пружиной (рис. 34). Трубчатая пружина *2* в виде дуги окружности размещается в корпусе, один конец пружины соединен с присоединительным радиальным штуцером *9*, а второй – закрыт.

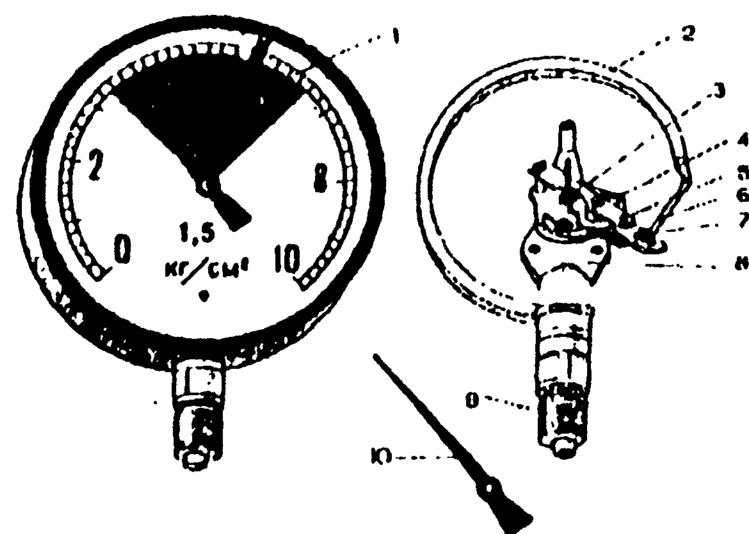


Рис. 34. Общий вид пружинного манометра:
1 – шкала; *2* – трубка (трубчатая пружина); *3* – шестерня, *4* – зубчатый сектор; *5* – ось вращения, *6* – поводок; *7* – винт установки тяги; *8* – стойка; *9* – штуцер; *10* – стрелка

В сечении пружина имеет элипсоидную или плоскоовальную форму. Так как внешняя стенка пружины имеет большую площадь, чем внутренняя, то под действием давления жидкости пружина будет распрямляться. Через поводок *6* и секторный механизм приводится во вращение ось, на которую посажена стрелка *10*, перемещающаяся вдоль плоской круговой шкалы.

Пружинные манометры устанавливаются на барабанах паровых котлов, коллекторах пароперегревателей, на питательных трубопроводах, на входе и выходе воды из экономайзеров и водогрейных котлов. Шкала манометра выбирается исходя из условия, что при рабочем давлении стрелка манометра должна находиться в средней трети шкалы. На шкале манометра должна быть нанесена красная черта на уровне деления, соответствующего рабочему давлению. Манометр должен устанавливаться так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу. Перед каждым манометром должен быть установлен трехходовой кран для продувки, проверки и отключения манометра (рис. 35).

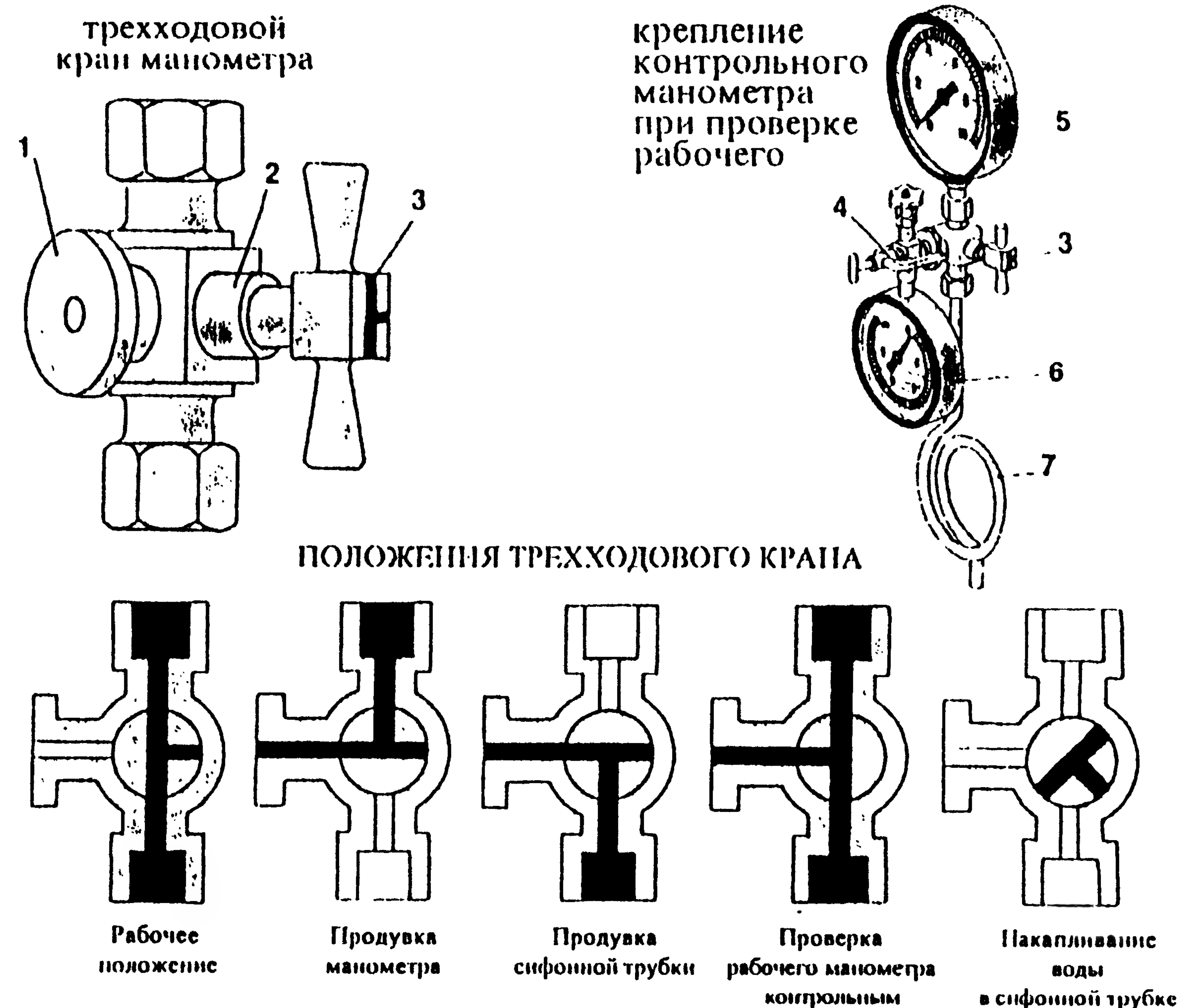


Рис. 35. Трехходовой кран манометра:
1 – фланец контрольного манометра; *2* – пробка крана; *3* – риски; *4* – скоба; *5* – рабочий манометр, *6* – контрольный манометр; *7* – сифонная трубка

Манометры не допускаются к применению:

а) если на манометре отсутствует пломба или клеймо с отметкой о проведенной поверке;

б) если истек срок поверки манометра;

в) если стрелка манометра при его отключении не возвращается к ну-

левой отметке шкалы на величину, превышающую половину его допустимой погрешности*;

г) если разбито стекло или имеются другие повреждения манометра, которые могут отразиться на правильности его показаний.

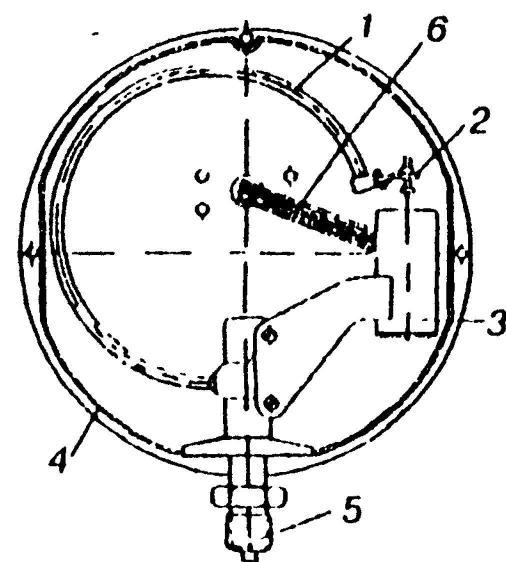


Рис 36. Пружинный манометр типа МЭД:
1 – пружина, *2* – рычаг; *3* – электромагнитная катушка, *4* – корпус; *5* – штуцер; *6* – провода

Для дистанционной передачи показаний применяются бесшкальные пружинные манометры типа МЭД (рис. 36). Механизм манометра заключен в корпус *4*. Свободный конец одновитковой пружины *1* связан рычагом *2* с сердечником, перемещающимся внутри электромагнитной катушки 3 дифференциального трансформатора. Для подключения соединительных проводов имеются выводы *6* с зажимами. Для установки манометра на трубопроводах, котлах или сосудах имеется штуцер *5* с резьбой. Приборы МЭД осуществляют преобразование изменения величины давления в электрический сигнал и используются в качестве датчиков в системах автоматики.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И РАСХОДА

Расходом называется количество жидкости (пара, газа), протекающее через поперечное сечение трубопровода в единицу времени. Для измерения расхода жидкости, газа и пара протекающих по трубопроводам, широко применяются дроссельные расходомеры, которые измеряют расход по перепаду давлений, возникающему на сужающем устройстве. На трубопроводах устанавливают следующие сужающие устройства: диафрагмы и различные сопла (рис. 37).

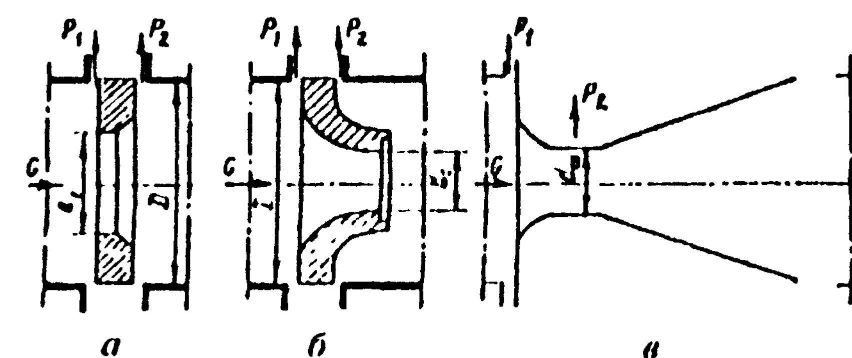


Рис. 37. Сужающие устройства:
а – диафрагма; *б* – сопло, *в* – сопло Вентури

* Погрешность манометра численно равна его классу точности, который указывается на шкале прибора. Основная допустимая погрешность определяется для приборов с односторонней шкалой – в процентах от верхнего предела показаний; для приборов с двусторонней шкалой с нулем посередине – в процентах от суммы пределов показаний; для приборов с безнулевой шкалой – от разности пределов показаний.

Разность давлений, возникающая на сужающем устройстве, измеряется дифманометрами. Технические дифманометры, входящие в комплект дроссельных расходомеров, по принципу действия и конструкции подразделяются на поплавковые, мембранные, сильфонные, колокольные и кольцевые. Они изготовляются показывающими, самопишущими и суммирующими. В качестве примера на рис. 38 показан мембранный дифманометр типа ДМ. Дифманометр типа ДМ является бесшкальным прибором, снабженным дифференциально-трансформаторным датчиком для дистанционной передачи показаний.

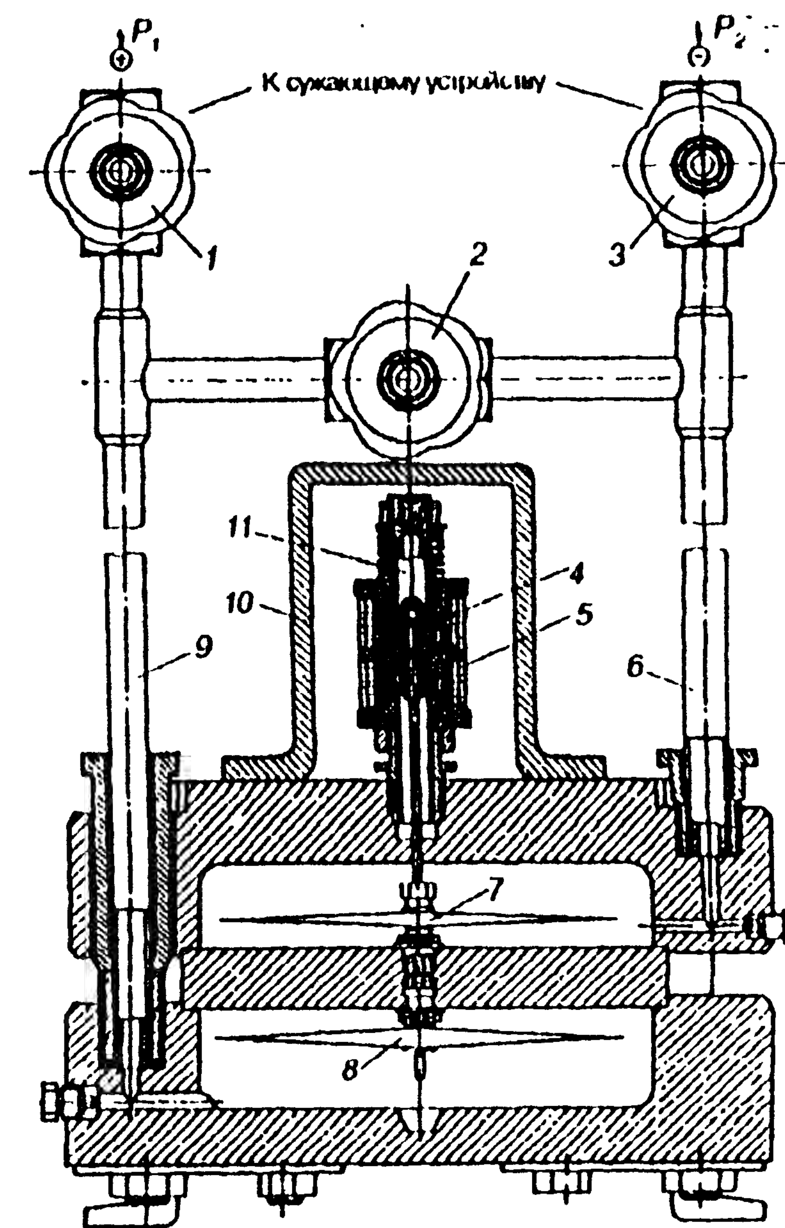


Рис. 38. Мембранный дифманометр типа ДМ:
1, 2, 3 – вентили; *4* – сердечник; *5* – катушка; *6, 9* – трубки; *7, 8* – мембранные коробки; *10* – колпак; *11* – трубка

Чувствительным элементом ДМ являются мембранные коробки *7* и *8*. Прибор разделен перегородкой на две камеры: постоянного и переменного давления, в которых расположены две полые мембранные коробки, соединенные между собой каналом и заполненные дистиллированной водой. На верхней мембране расположен сердечник *4*, который находится между катушками *5* дифференциального трансформатора.

Разность давлений от сужающего устройства подводится через запорные вентили *1* и *3* и трубки во внешние камеры мембран: большее давление – через плюсовую трубку *9* под нижнюю мембрану, а меньшее – через минусовую трубку *6* на верхнюю мембрану. Под действием разности давлений нижняя мембранная коробка сжимается; при этом жидкость, находящаяся над нижней мембраной, через отверстия перетекает в верхнюю мембранную коробку, перемещая ее вверх, что приводит в движение сердечник между катушками и к выработке сигнала, который передается на электронный усилитель и далее в электрическую схему показывающего прибора или к пускателю электропривода.

Для измерения количества протекающей жидкости применяются *скоростные* и *объемные счетчики*.

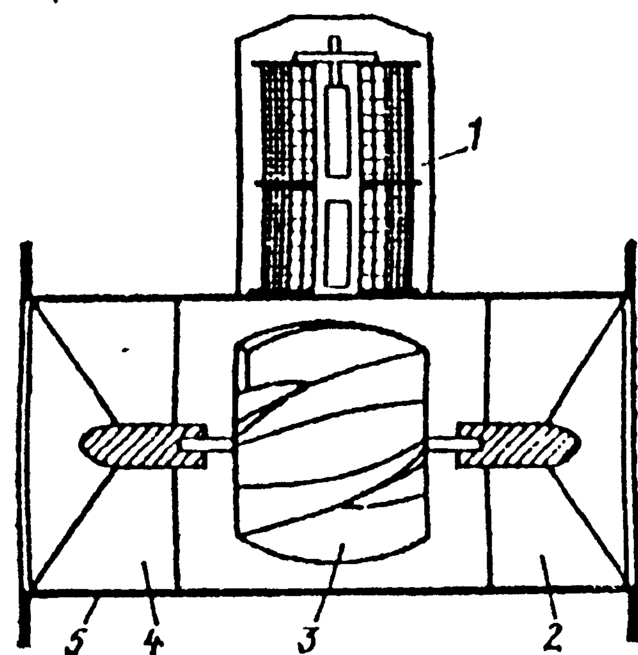


Рис. 39. Турбинный расходомер:
1 – электромагнитный преобразователь;
2, 4 – струевыпрямители; *3* – турбина; *5* – корпус

В *скоростных счетчиках* под действием потока жидкости вращается турбинка или крыльчатка, угловая скорость вращения которых пропорциональна скорости потока, а следовательно, объемному расходу жидкости. Счетчики снабжены цифровыми суммирующими устройствами и стрелочными указателями.

На рис. 39 показана схема турбинного расходомера. В корпусе *5* расходомера установлены струевыпрямители *2* и *4*, расположенные на одной оси с турбиной *3*. Для преобразования частоты вращения турбины в электрический сигнал на внешней стороне корпуса установлен электромагнитный преобразователь *1*.

Принцип действия *объемных счетчиков* основан на отмеривании определенных объемов жидкости или газа. По конструкции объемные счетчики бывают поршневые, с овальными шестернями и ротационные. Поршневые и шестеренчатые счетчики часто используют в качестве мазутомеров. Для измерения количества природного газа используются ротационные счетчики.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОТЛОВ

При работе котлов для поддержания заданных параметров возникает необходимость изменения расхода топлива, воздуха, питательной воды, пара, что обеспечивается воздействием на соответствующие регулирующие органы – вентили, клапаны, заслонки и т. п. Например, управление работой парового котла сводится к поддержанию заданных значений ряда параметров: давления пара, давления мазута (газа) и воздуха перед горелками, разрежения в топке, уровня воды в барабане. Лучшие результаты достигаются при автоматическом регулировании.

Чтобы понять процесс регулирования, рассмотрим схему регулирования (рис. 40 *а*, *б*) и построение схемы автоматики (рис. 41) для поддержания постоянного уровня воды в барабане парового котла.

В барабане котла должен поддерживаться материальный баланс между расходом пара и подачей питательной воды. Заданный уровень воды

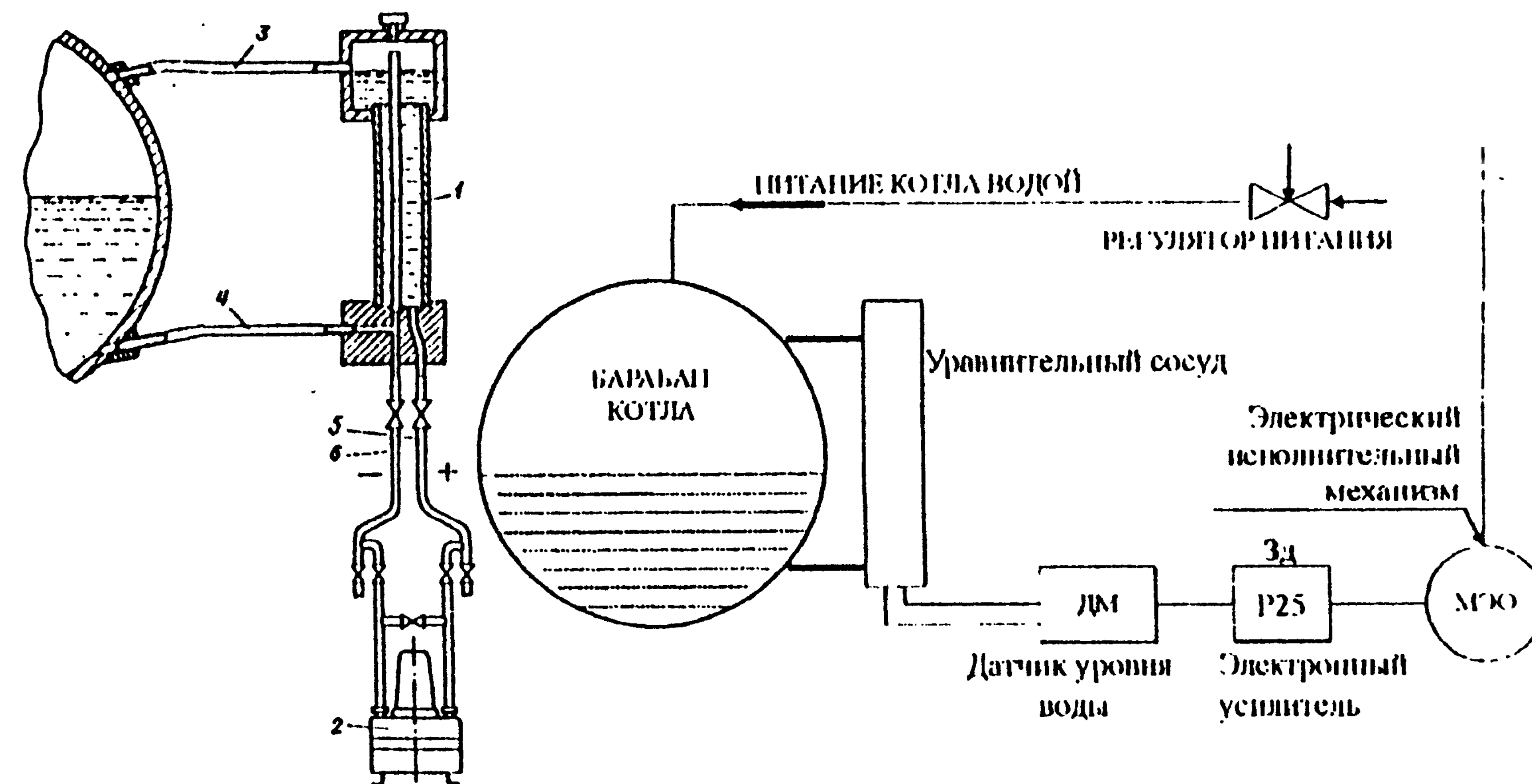


Рис. 40*а*. Подключение датчика ДМ к барабану котла:
1 - уравнительный сосуд; *2* – манометр ДМ; *3, 4* – соединительные трубки; *5, 6* – соединительные линии ДМ

Рис. 40*б*. Схема регулирования уровня воды в паровом котле

поддерживается путем изменения количества поступающей питательной воды с помощью регулирующего клапана. Закрытие или открытие регулирующего клапана производится электрическим исполнительным механизмом типа *МЭО* с реверсивным электродвигателем. Преобразование изменения уровня воды в электрический сигнал осуществляет датчик *ДМ*, который подключается к паровому и водяному пространству котла через уравнительный сосуд. При изменении уровня воды от датчика *ДМ* поступает электрический сигнал на электронный регулятор типа Р-25, в котором величина поступившего сигнала сравнивается с заданным сигналом, установленным с помощью задатчика *Зд*. При рассогласовании сигналов регулятор вырабатывает командный сигнал на включение электродвигателя *МЭО*, который открывает или закрывает регулирующий клапан.

Структурная схема рассматриваемой автоматической системы регулирования (АСР) (см. рис. 41) состоит из объекта регулирования *О* (паровой котел), датчика *Д* (первичный преобразователь), регулятора *Р* с задатчиком *Зд*, исполнительного механизма *ИМ* (с электродвигателем), регулирующего органа *РО* (регулирующий клапан). Приведенная АСР является замкнутой, в которой объект регулирования *О* и регулятор *Р* взаимосвязаны

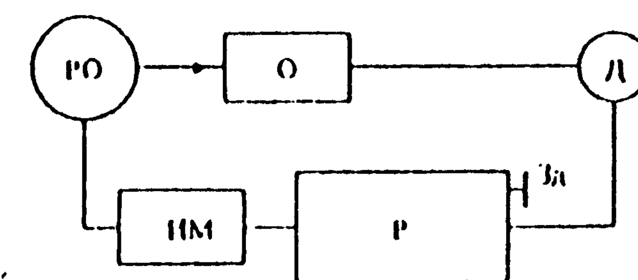


Рис. 41. Структурная схема АСР

друг с другом. Электрический сигнал от датчика объекта регулирования поступает на вход регулятора, а сигнал с выхода регулятора является управляющим для исполнительного механизма и регулирующего органа.

В качестве преобразователей неэлектрических величин в электрические (датчиков) в системах автоматического регулирования используются контактные (релейные) и бесконтактные полупроводниковые приборы. Выше были рассмотрены некоторые типы датчиков.

Для получения сигналов по давлению пара или мазута используются бесшкальные манометры со встроенным дифференциально-трансформаторным преобразователем типа МЭД, электроконтактные манометры, электрические тензопреобразователи. Давление воздуха и продуктов сгорания передается с помощью мембранных тягонапоромеров бесконтактного типа (например, тягомер ДТ-2).

В качестве датчиков температуры применяются термометры сопротивления и термоэлектрические приборы (термопары).

Исполнительные механизмы бывают электрические (электромагниты, электродвигатели постоянного и переменного тока), гидравлические (поршневые и мембранные), тепловые (манометрические, дилатометрические) и др.

В состав элементов автоматической защиты котла входят фоторезисторы (фотоэлементы), различные датчики давления и температуры, сигнализаторы уровня воды.

В качестве исполнительных механизмов в системах автоматической защиты котлов, работающих на газе и мазуте, используются электромагнитные (соленоидные) клапаны.

Для обработки сигналов, поступающих от датчиков, используются различные усилители. В настоящее время широко используются усилители типа Р-25 и РС29, предназначенные для суммирования поступающих сигналов, усиления сигнала рассогласования, введения сигнала задания, формирования сигнала для управления исполнительными механизмами.

Приборы контроля, автоматического управления и защиты, приборы аварийной сигнализации обычно устанавливаются на щитах управления работой котлов.

ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОМ Щ-К2

Щит предназначен для автоматического управления процессом розжига горелок, контроля горения топлива, регулирования давления пара, поддержания соотношения топливо–воздух, регулирования разрежения в топке и уровня воды в верхнем барабане котла (рис. 42).

На щите размещаются рукоятки дистанционного управления: включения и выключения вентилятора и дымососа, блокирования и разблокиро-

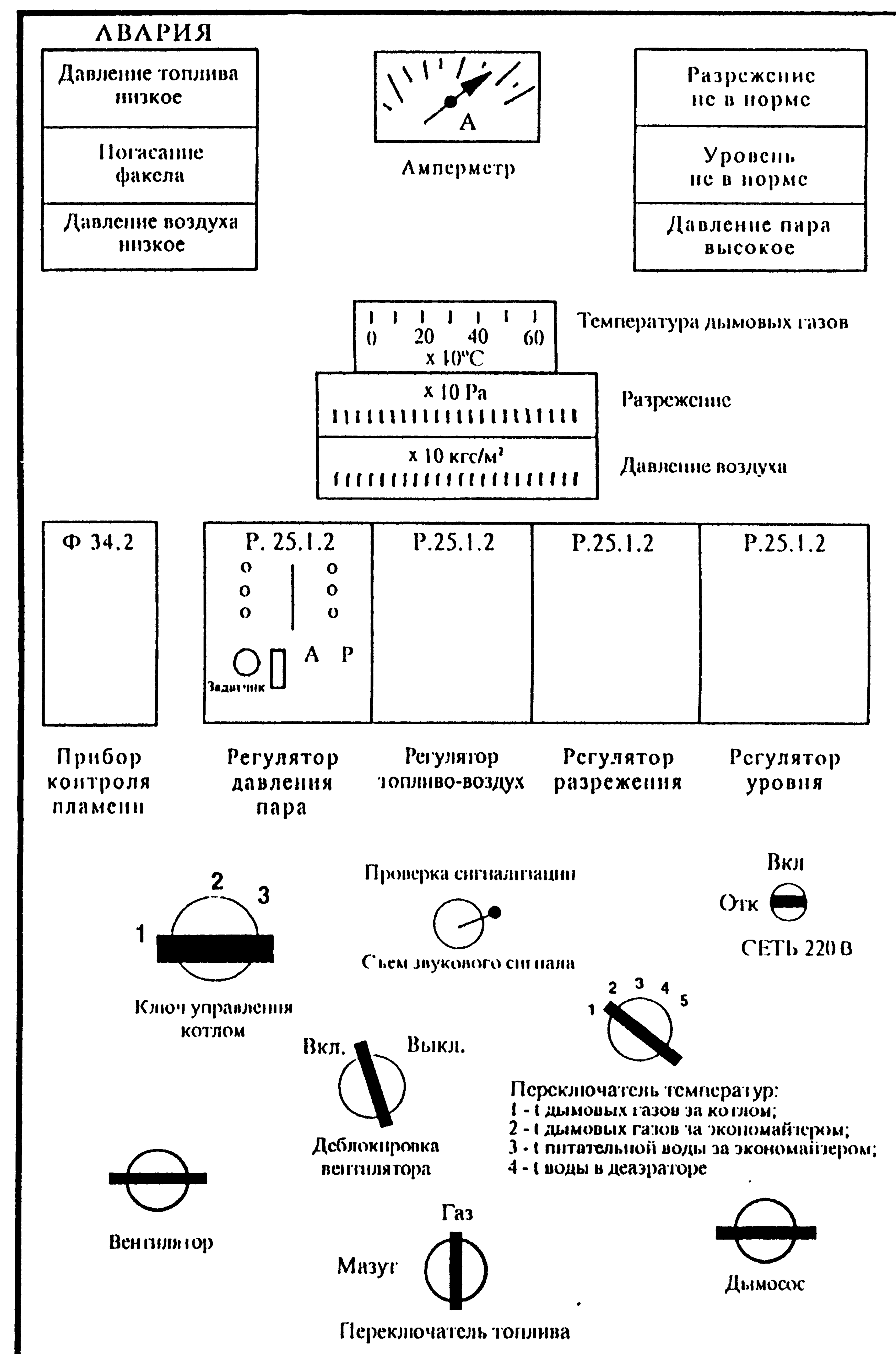


Рис. 42. Щит котла Щ-К2

вания вентилятора (в положении «Вкл.» пуск вентилятора и дымососа возможен только в определенной последовательности: сначала должен быть включен дымосос, а затем вентилятор), переключения вида топлива (газ – мазут); приборы контроля температуры дымовых газов, разрежения в топке и давления воздуха перед горелкой. Щит оборудован аварийной сигнализацией, в состав которой входит шесть световых табло. Для проверки сигнализации установлен специальный тумблер.

Для розжига горелок на щите установлен прибор контроля пламени Ф.34.2. Он предназначен для независимого или последовательного розжига двух горелок (форсунок) и контроля пламени в топке. В качестве датчика наличия пламени в топке служат фотодиоды, фотоэлементы или ионизационные датчики. Для регулирования технологических процессов на щите установлены регуляторы Р-25, получающие сигналы от датчиков и задатчиков. Регулятор сравнивает их, усиливает сигнал рассогласования и формирует командный электрический импульс постоянного или переменного тока для исполнительных механизмов. На щите установлено четыре регулятора: регулятор давления пара, регулятор соотношения топливо–воздух, регулятор разрежения и регулятор уровня воды в котле.

ЭЛЕМЕНТЫ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ. НАЗНАЧЕНИЕ КАЖДОГО ЭЛЕМЕНТА

На рис. 43 показано основное и вспомогательное оборудование котельной с водогрейными котлами, а на рис. 44 – компоновка оборудования котельной с паровыми котлами.

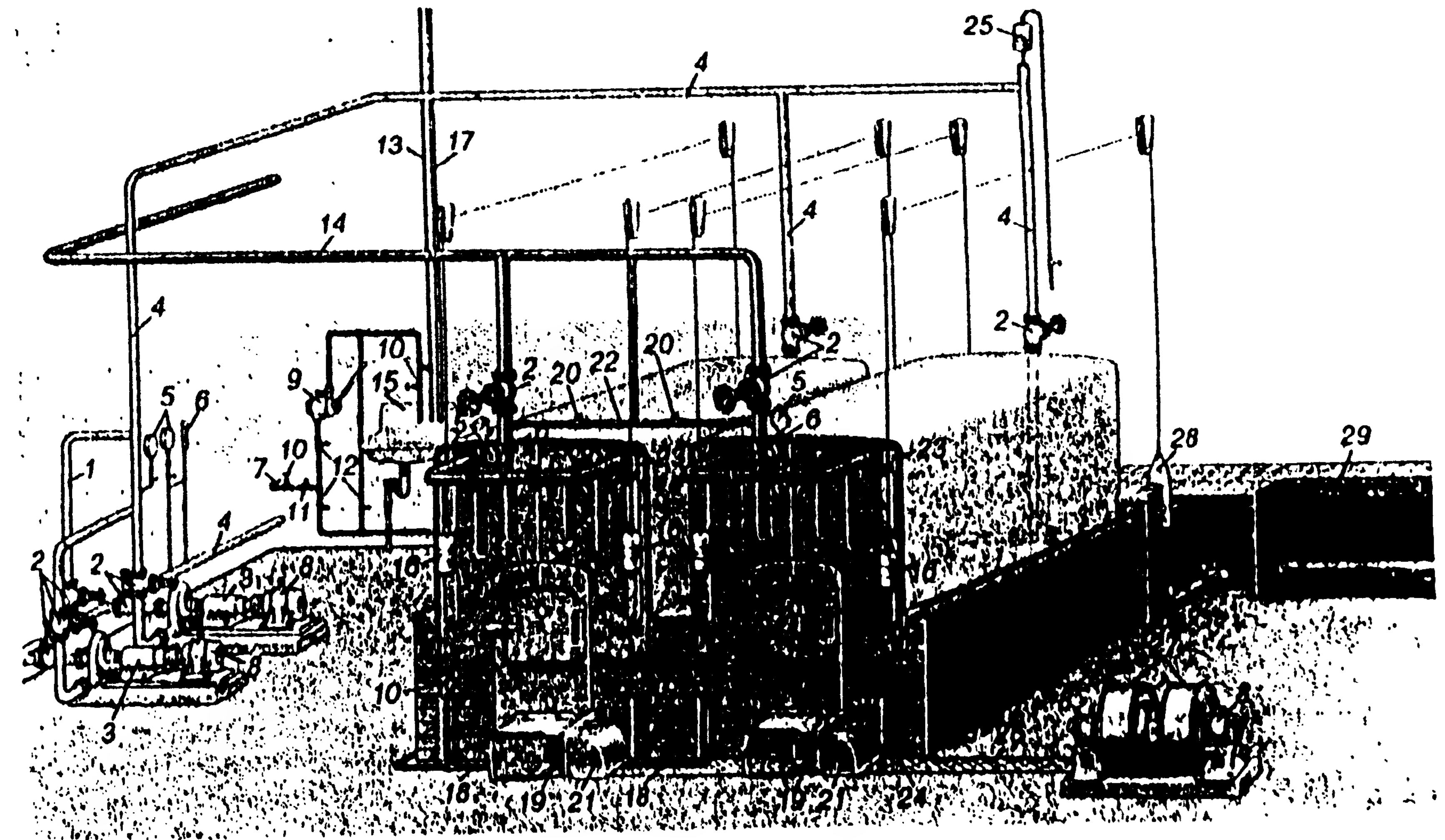


Рис. 43. Котельная водяного отопления:
1 – обводная линия у насосов; *2* – задвижки; *3* – циркуляционные насосы; *4* – обратная магистраль системы отопления; *5* – манометры; *6* – термометры; *7* – водопровод; *8* – электродвигатель; *9* – ручной насос; *10* – вентили; *11* – обратный клапан; *12* – кран; *13* – сигнальная труба; *14* – подающая магистраль в систему отопления; *15* – раковина; *16* – противовесы шибера; *17* – переливная труба; *18* – спускная труба; *19* – зольниковая коробка; *20* – обратный клапан на предохранительной обводной линии; *21* – отвод с дроссель-клапаном; *22* – обводная предохранительная линия; *23* – котлы «Универсал»; *24* – лаз для чистки газоходов; *25* – воздухосборник; *26* – дутьевой канал; *27* – дутьевые вентиляторы; *28* – шибер; *29* – сборный дымовой канал (боров)

Главными элементами котельной являются паровые или водогрейные котлы, предназначенные для получения водяного пара, горячей воды за счет теплоты сжигаемого в них топлива. Для питания паровых котлов (см. рис. 44) служит деаэрационно-питательная установка, состоящая из баков запаса воды, деаэрационных устройств и питательных насосов. Подготовка питательной воды осуществляется в водоподготовительной установке, состоя-

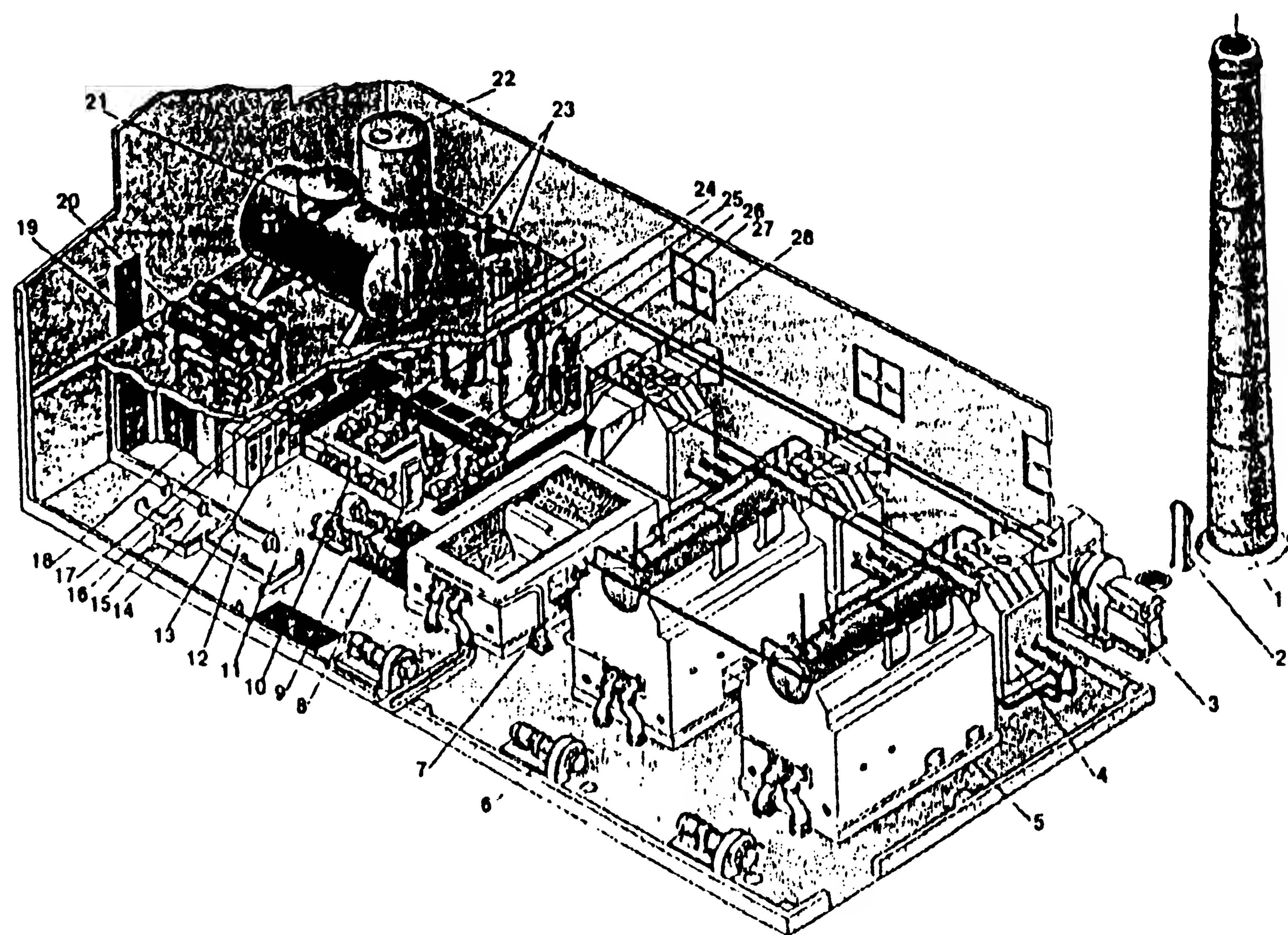


Рис. 44. Компоновка котельной с котлами ДКВр:
1 – дымовая труба, *2* – взрывной клапан; *3* – дымосос; *4* – водяной экономайзер; *5* – паровой котел ДКВр; *6* – дутьевой вентилятор, *7* – вентилятор распыливающего воздуха; *8* – электрический распределительный шкаф; *9* – сетевой насос; *10* - подпиточный насос; *11*, *12* – санузел; *13* – насос раствора реагентов; *14* - душевая комната, *15* – преддушевая; *16* – щит с контрольными приборами; *17* – фильтр раствора реагентов, *18* - щитовая, *19* – охладитель конденсата, *20* – пароводяной подогреватель (бойлер), *21* – деаэратор, *22* - бак раствора реагентов; *23* - охладители деаэрированной воды; *24* – центробежный питательный насос; *25* - натрий-катионитовый фильтр, *26* – сепаратор непрерывной продувки; *27* – паровой питательный насос, *28* – насос сырой воды

щей из фильтров, солерастворителей, баков для воды и реагентов, бункеров хранения соли. Для обеспечения работы котлов устраиваются тягодутьевые установки, состоящие из дутьевых вентиляторов, дымососов и дымовой трубы. Очистка дымовых газов осуществляется в золоуловителях. Для охлаждения газов и подогрева воды и воздуха устанавливают экономайзеры и воздухоподогреватели. Подогрев сетевой воды и воды для горячего водоснабжения производится в теплообменных аппаратах. Запас горячей воды создается в баках-аккумуляторах. В состав котельной установки входит также топливное хозяйство, склад твердого топлива, оборудование топливоподачи, шлакозолоудаления (при сжигании твердого топлива), мазутное хозяйство (при сжигании мазута), газорегуляторная установка или газорегуляторный пункт (при сжигании газа).

НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Питательные устройства предназначены для бесперебойной подачи воды в паровые котлы. С этой целью допускается применять:

а) центробежные и поршневые насосы с электрическим или паровым приводом;

б) паровые инжекторы;

в) насосы с ручным приводом;

г) водопроводную сеть (только в качестве резервного источника).

В центробежных насосах (рис. 45) вода перемещается с помощью рабочего колеса. Насос состоит из корпуса *2* и рабочего колеса *4* (ротора), закрепленного на валу. К корпусу крепятся патрубки – всасывающий (входной) *13* и нагнетательный (выходной) *3*. Рабочее колесо представляет собой устройство, состоящее из двух дисков, между которыми закреплены лопасти (лопатки), отогнутые от радиального направления в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса.

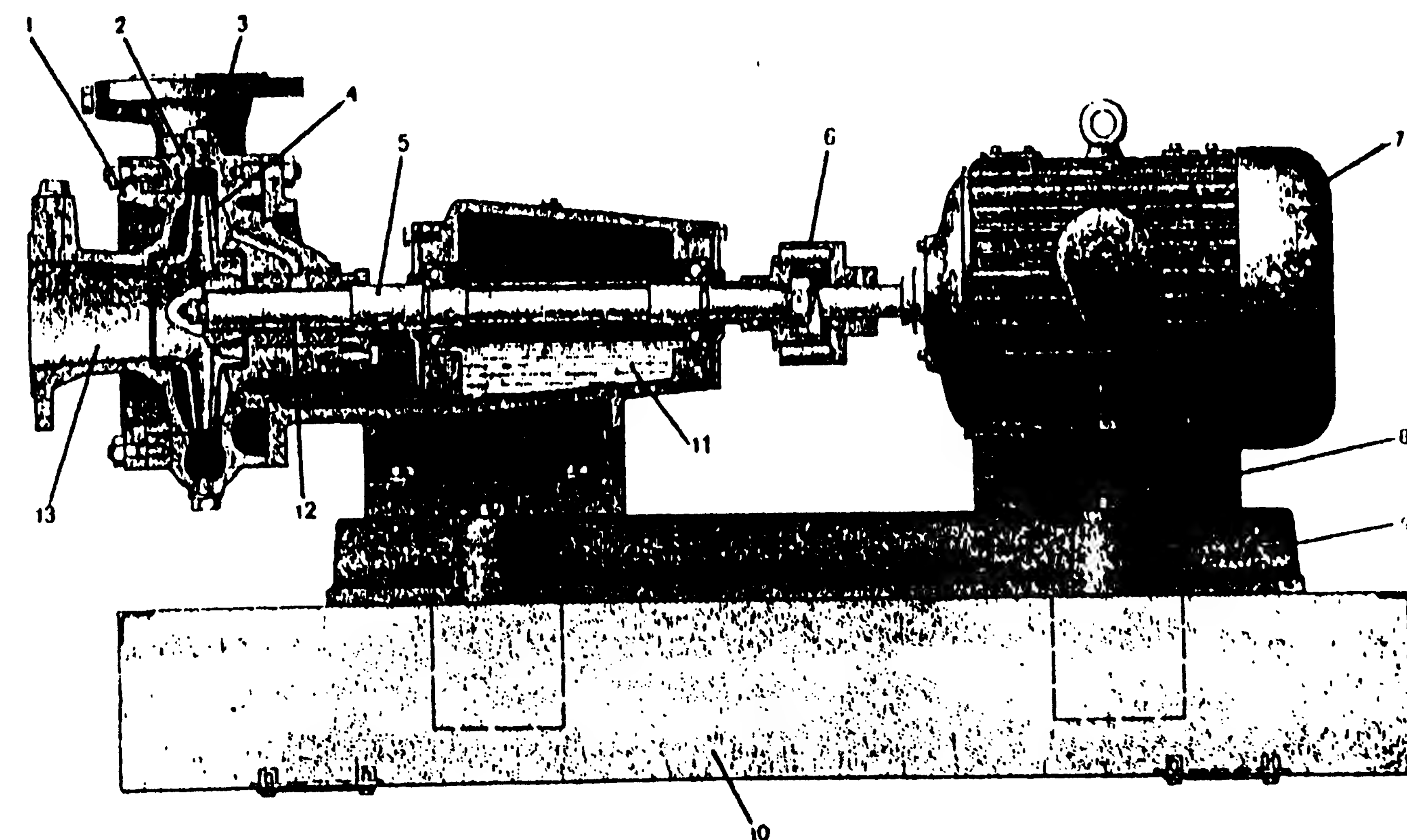


Рис. 45. Одноступенчатый центробежный насос с электроприводом:
1 – крышка корпуса; *2* – корпус; *3* – выходной патрубок; *4* – рабочее колесо; *5* – вал; *6* – муфта эластичная; *7* – электромотор; *8* – анкерный болт; *9* – рама агрегата; *10* – железобетонная фундаментная плита; *11* – масло; *12* – сальник; *13* – входной патрубок

Если при заполненном водой корпусе и всасывающем трубопроводе привести во вращение рабочее колесо, то жидкость, находящаяся в каналах рабочего колеса (между его лопастями), под действием центробежной силы будет отбрасываться от центра колеса к краям. В результате этого в центральной

части колеса создается пониженное давление (разрежение), а на краях – повышенное давление. Уходящая жидкость освобождает занимаемое ею пространство в каналах рабочего колеса, давление в этой области понижается, и она заполняется водой из всасывающего трубопровода под действием разности давлений.

В котельных с паровыми котлами наибольшее распространение в качестве питательных устройств получили центробежные многоступенчатые насосы. Их принципиальная конструктивная схема показана на рис. 46*а*, общий вид многоступенчатого (секционного) насоса типа ЦНСГ – на рис. 46*б*. Насос имеет пять секций (ступеней), каждая из которых состоит из рабочего колеса *24* и направляющего аппарата *7*. Рабочие колеса надеты на общий вал *29*, который с помощью полумуфты *30* соединяется с электродвигателем. Вода поступает в насос через всасывающий патрубок и последовательно проходит через каждую секцию. В каждой секции давление воды повышается. Во избежание осевого смещения вала насоса на него надет диск разгрузки *21*. Часть воды из последней секции по трубке *14* поступает в разгрузочную камеру и давит на диск разгрузки слева направо, тем самым удерживая ротор от осевого перемещения в сторону всасывающей полости. Из разгрузочной камеры по линии разгрузки вода перетекает в полость крышки всасывания, что создает во входной полости подпор, необходимый для предотвращения вскипания воды. Вал насоса опирается на подшипники, установленные на переднем и заднем кронштейнах. Подшипники насоса охлаждаются холодной водопроводной водой.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРОВЫХ НАСОСОВ И ИНЖЕКТОРОВ

Поршневые насосы с паровым приводом (рис. 47) состоят из блока паровых *4* и блока гидравлических цилиндров *10*, внутри которых перемещаются поршни. Паровой и водяной поршни соединены общим штоком. Парораспределение в паровых цилиндрах осуществляется с помощью золотников *11*, расположенных в золотниковых коробках, отлитых совместно с блоком паровых цилиндров. Пар последовательно подается в пространство паровых цилиндров над поршнем или под поршнем. При этом поршень совершает в цилиндре возвратно-поступательное движение. В клапанной коробке блока гидравлических цилиндров размещены автоматически действующие всасывающие *7* и нагнетательные клапаны, которые обеспечивают вход и выход воды из цилиндров в определенной последовательности.

Для питания небольших парогенераторов используют пароводяные струйные аппараты – инжекторы (рис. 48). В корпусе инжектора *7* размещается

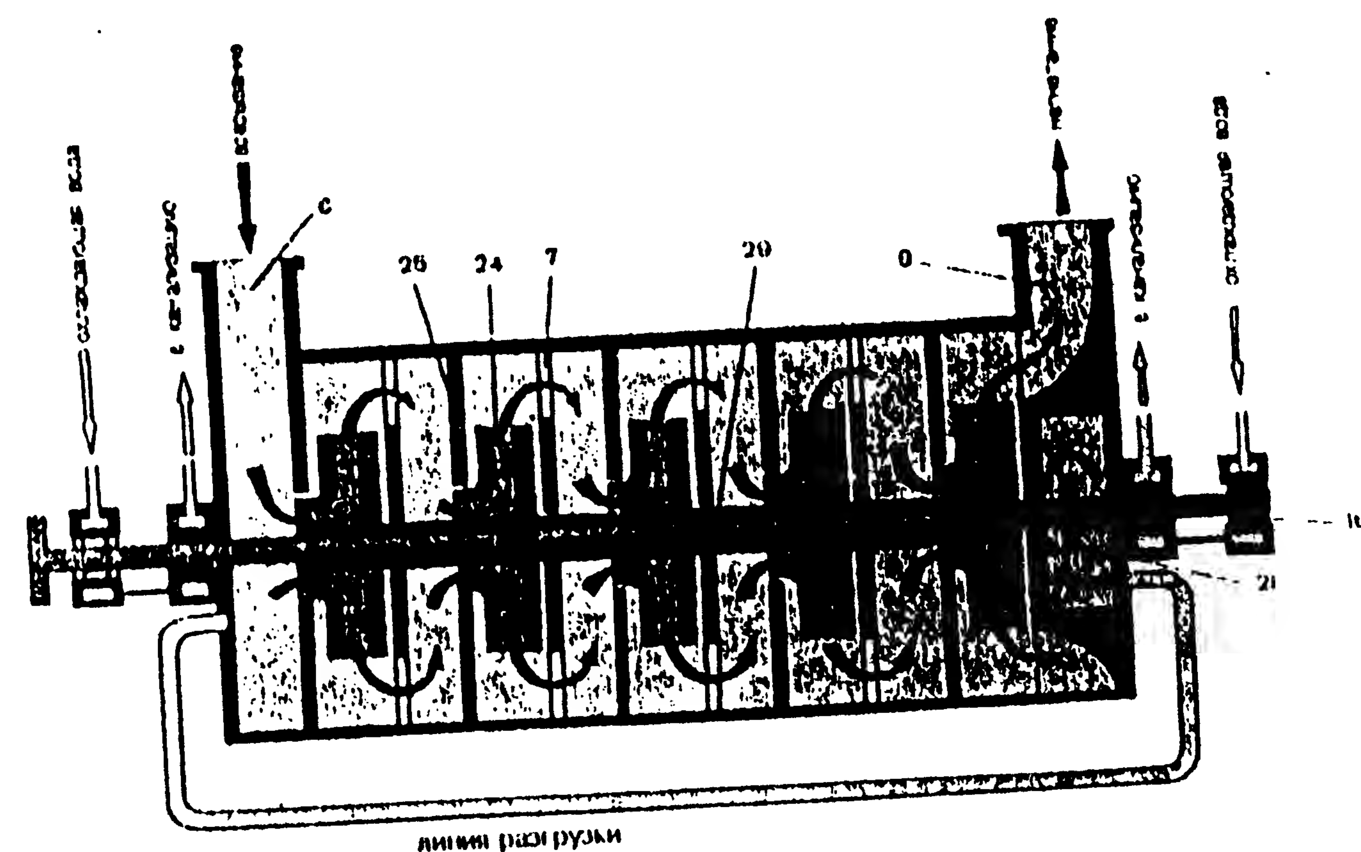


Рис. 46*а*. Схема работы многоступенчатого центробежного насоса

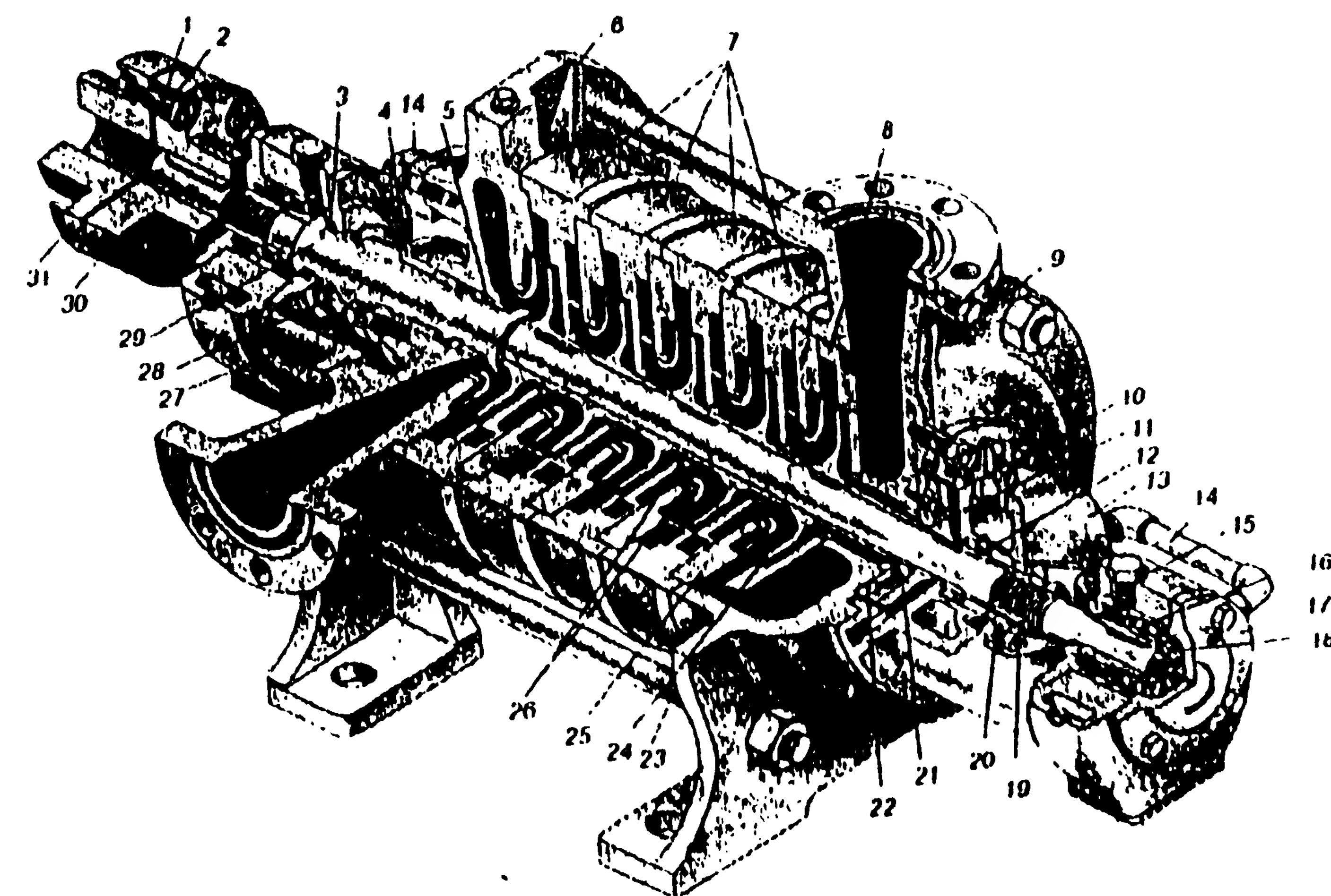


Рис. 46*б*. Общий вид многоступенчатого центробежного насоса типа ЦНСГ:
1 – палец; *2* – резиновая втулка; *3* – уплотнение; *4* – втулка сальника; *5*, *26* – уплотнительные кольца, *6* – крышка всасывания; *7* – направляющий аппарат; *8* – направляющий аппарат на выходе; *9* – крышка нагнетания; *10* – втулка разгрузки; *11* – дистанционная втулка; *12* – втулка гидрозатвора; *13* – задний кронштейн; *14* – перепускная трубка; *15* – сквозная крышка; *16* – шарикоподшипник; *17* – глухая крышка; *18* – специальная гайка; *19* – гайка вала; *20* – втулка сальника; *21* – диск разгрузки; *22* – кольцо разгрузки; *23* – стяжная шпилька; *24* – рабочее колесо; *25* – кольцо направляющего аппарата; *27* – передний кронштейн; *28* – отражательное кольцо; *29* – вал; *30* – полумуфта насоса; *31* – полумуфта электродвигателя

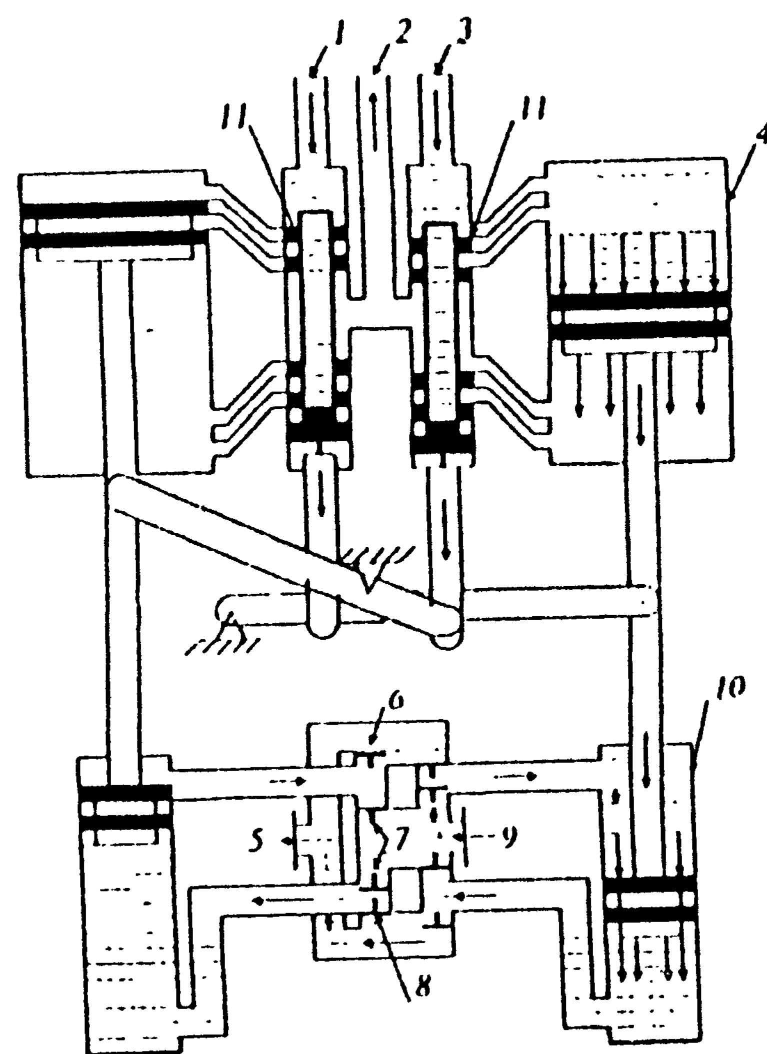


Рис. 47. Схема парового поршневого насоса:
1, 3 – подвод пара; *2* – отвод отработанного пара; *4* – блок паровых цилиндров; *5* – отвод воды в котел; *6, 8* – нагнетательные клапаны; *7* – всасывающие клапаны; *9* – подвод воды от деаэратора; *10* – блок водяных цилиндров, *11* – золотник

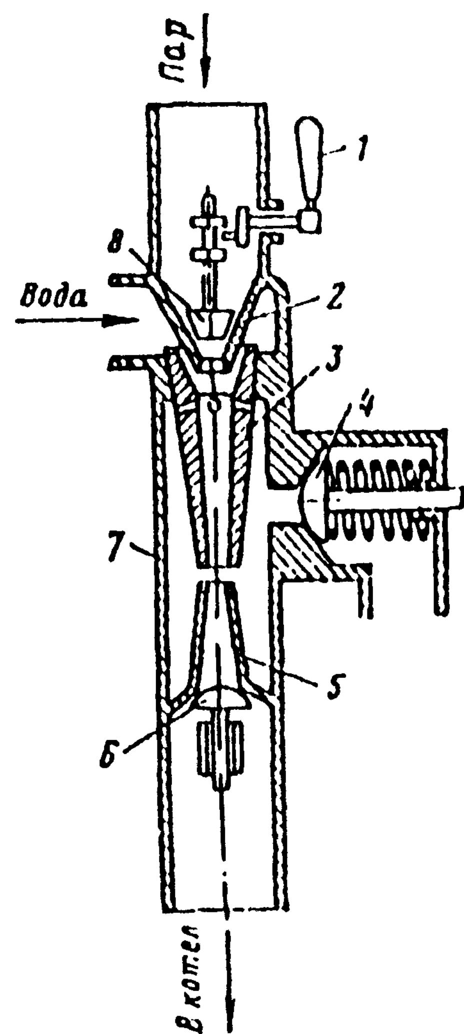


Рис. 48. Схема инжектора:
1 – рукоятка пускового клапана; *2, 3* и *5* – паровой, смесительный и нагнетательный конусы; *4, 6* и *8* – предохранительный, обратный и пусковой игольчатые клапаны; *7* – корпус инжектора

паровое сопло *2*, закрытое игольчатым клапаном *8*, который с помощью ручной пусковой рукоятки *1* позволяет подавать пар от котла в сопло. Струя пара после прохождения парового сопла подсасывает воду из всасывающей камеры. Пар смешивается с водой и конденсируется. Кинетическая энергия пара передается воде, что обеспечивает повышение давления в нагнетательном сопле. При этом открывается обратный клапан *6* и вода поступает в котел. Достоинством инжекторов являются их малые размеры, простота устройства и ухода. К недостаткам относятся сравнительно большой расход пара, сложность регулирования, срывы в работе при закипании воды во всасывающей камере.

ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Теплообменным аппаратом (теплообменником) называется устройство, предназначенное для нагревания (охлаждения) воды или другого теплоносителя (воздуха, пара). В теплообменниках нагревание одного теплоносителя происходит за счет охлаждения другого. В зависимости от способа передачи теплоты от одного теплоносителя к другому различают: смесительные, рекуперативные

и регенеративные теплообменные аппараты. К смесительным теплообменникам относятся термические деаэраторы, а к регенеративным – регенеративные воздухоподогреватели. В рекуперативных теплообменниках теплота от одного теплоносителя к другому передается через разделяющую их стенку. Стенка выполняется из материала с хорошей теплопроводностью: стали, латуни и др. В котельных наибольшее распространение получили трубчатые теплообменные аппараты, в которых один теплоноситель движется в трубах, а другой – в межтрубном пространстве. К рекуперативным теплообменникам относятся экономайзеры, пароводяные и водоводяные подогреватели и др.

Рекуперативные теплообменники классифицируют по следующим основным признакам:

1) использованию греющего теплоносителя – пароводяные (рис. 49), водоводяные (рис. 50) и др.;
2) конструктивному исполнению поверхности нагрева – пластинчатые (рис. 51), кожухотрубчатые (рис. 49 и рис. 50);
3) числу ходов подогреваемой воды – одно- и многоходовые.

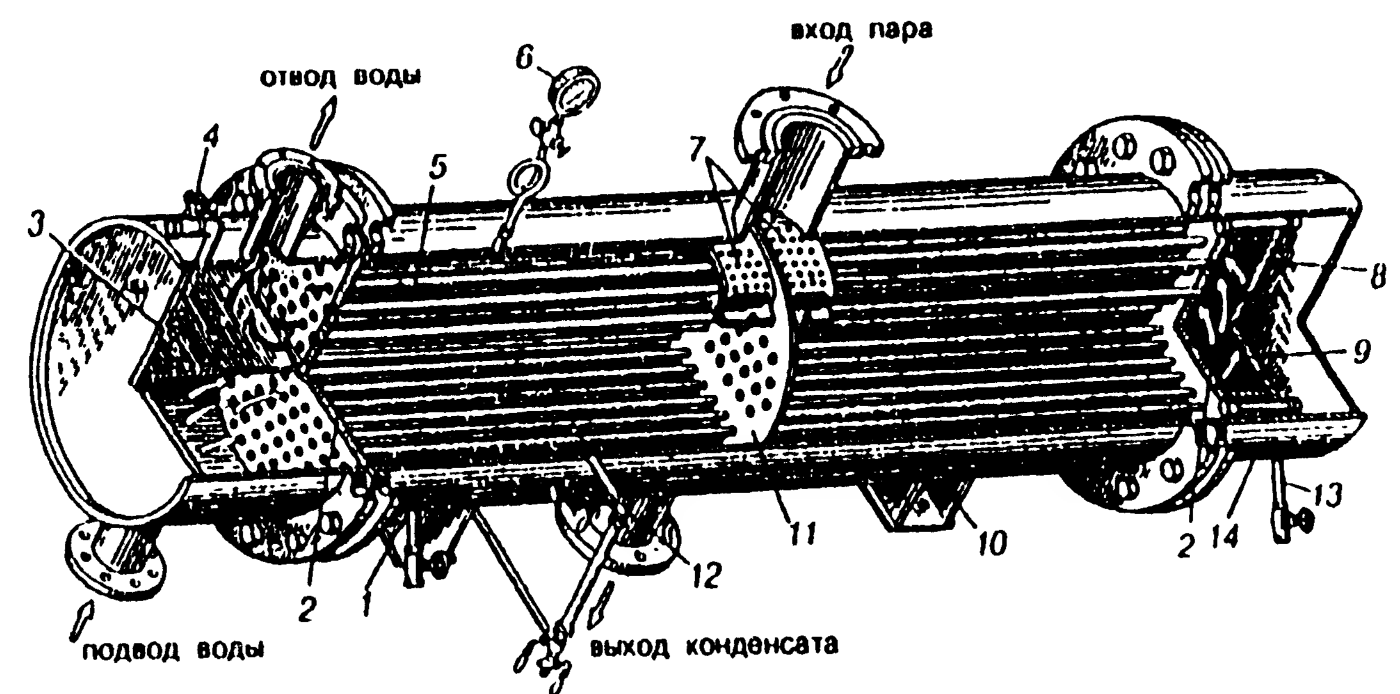


Рис. 49. Пароводяной теплообменник (бойлер):
1 – корпус; *2* – трубные доски; *3* – распределительная камера; *4* – воздушный кран; *5* – трубчатый пучок, *6* – манометр; *7* – дырчатый щит; *8* – водяная камера; *9* – крышка водяной камеры; *10* – опора, *11* – опорная решетка; *12* – указатель уровня конденсата; *13* – дренажный вентиль; *14* – крышка

Пароводяной двухходовой теплообменник (рис. 49) состоит из корпуса (кожуха) *1*, двух камер *3* и *8* и пучка трубок, по которым проходит подогреваемая вода. Концы трубок ввальцованы в трубные доски *2*. Подогреваемая вода подается снизу через патрубок в переднюю водяную камеру, пройдя через трубки, нагревается и выходит через верхний патрубок передней водяной камеры. Пар поступает через патрубок в верхней части корпуса в межтрубное пространство, отдает теплоту и конденсируется. Конденсат из

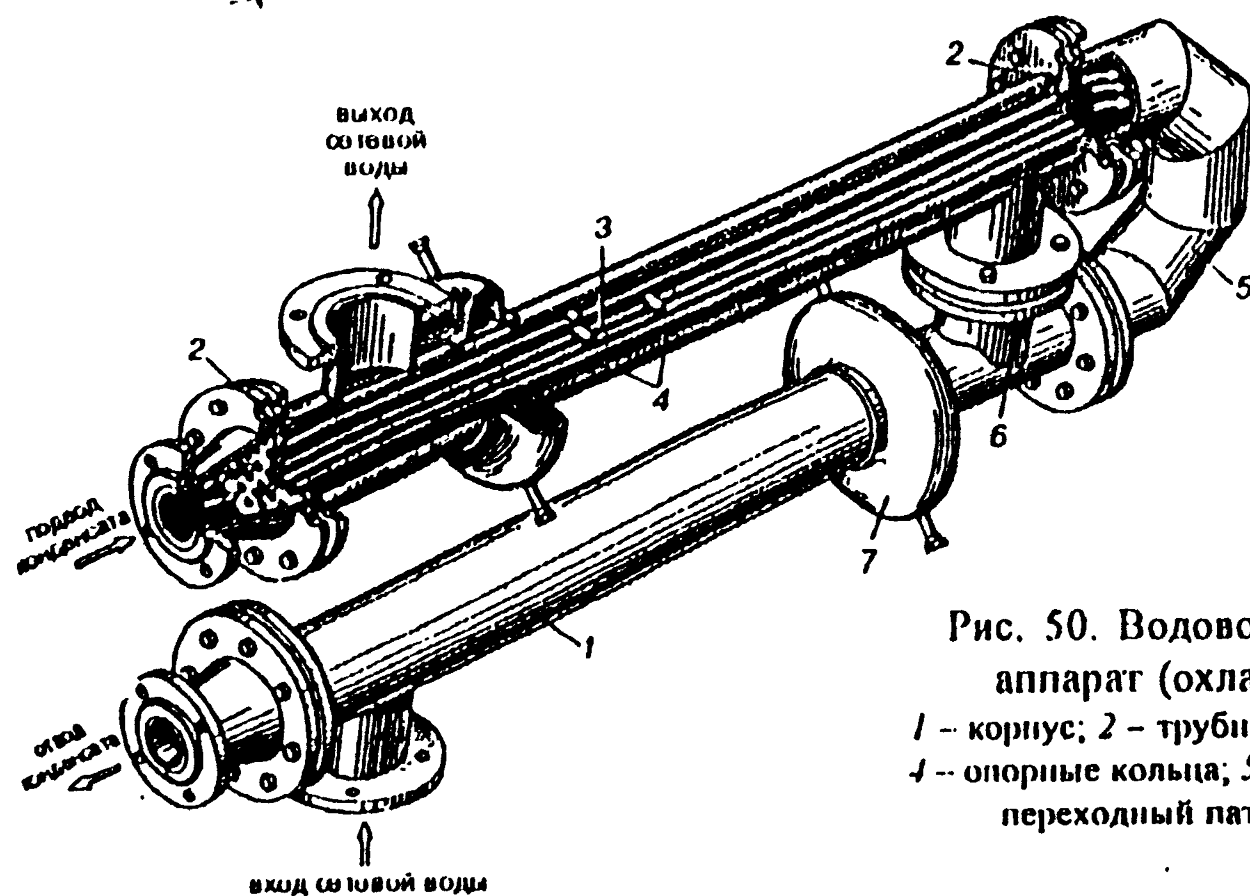


Рис. 50. Водоводяной теплообменный аппарат (охладитель конденсата):
1 – корпус; *2* – трубные доски; *3* – трубный пучок; *4* – опорные кольца; *5* – соединительный калач; *6* – переходный патрубок; *7* – компенсатор

подогревателя удаляется через патрубок в нижней части корпуса. Наличие конденсата проверяется по указателю уровня *12*. В верхней части корпуса расположены штуцеры для присоединения манометра *6* и воздушного крана *4*. Трубки, как правило, применяются латунные диаметром 16 мм, длиной 2 или 4 м. Трубки устанавливают в кожухе на специальные опоры, которые не допускают их прогиба.

Конструкция водоводяных теплообменных аппаратов в основном такая же, как пароводяных теплообменников. В водоводяном теплообменнике, показанном на рис. 50, по трубкам движется греющая среда (конденсат), а в межтрубном пространстве – нагреваемая среда – обратная вода теплосети.

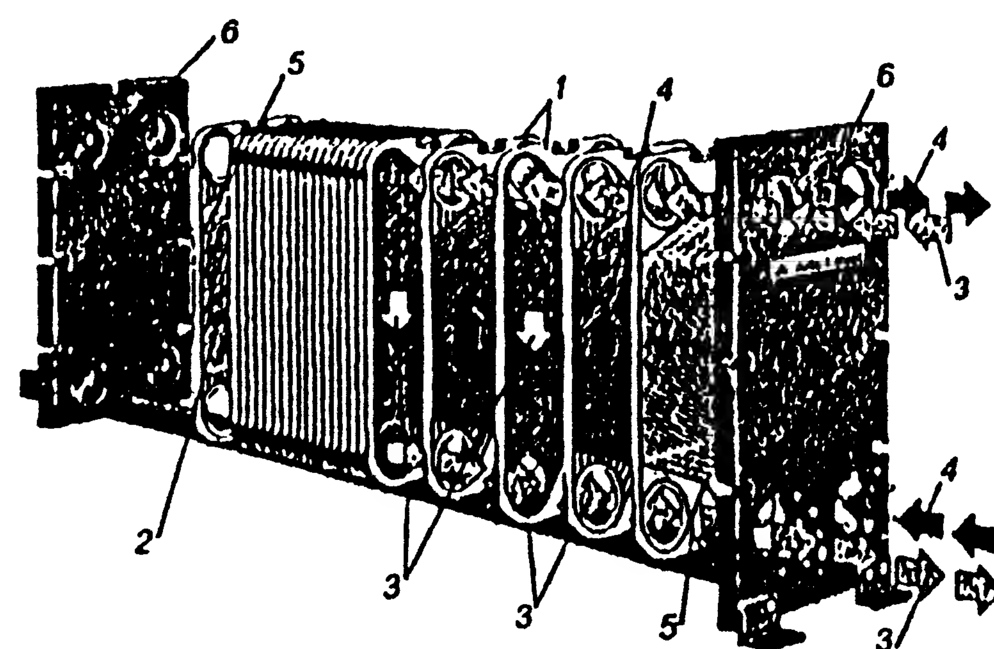


Рис. 51. Конструктивная схема пластинчатого теплообменника:
1 – пластины; *2* – щелевидные каналы; *3* – греющий теплоноситель; *4* – нагреваемый теплоноситель; *5* – прокладки; *6* – плиты

За последнее время получили распространение пластинчатые теплообменные аппараты (рис. 51). Особенностью конструкции таких теплообменников является то, что они собираются из тонких стальных пластин *1* специального профиля. Пластины между

собой образуют щелевидные каналы *2*, по которым двигаются греющий *3* и нагреваемый *4* теплоносители. Каналы пластин отделяются друг от друга специальными прокладками *5*. Пакет пластин помещается между двумя плитами *6*, которые стягиваются шпильками.

Достоинством пластинчатых теплообменных аппаратов являются их малые габариты и вес по сравнению с аналогами рекуперативного типа. К недостаткам можно отнести трудность ремонта, частый выход из строя прокладок.

НАТРИЙ-КАТИОНИТОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

Умягчение воды в котельных установках производится с целью удаления из воды ионов кальция и магния, входящих в состав солей, образующих накипь. Для умягчения воды широко используется принцип натрий-катионирования, при котором в специальном веществе – катионите происходят реакции замещения катионов натрия на катионы кальция и магния. Натрий вытесняется в умягчаемую воду, где образует легкорастворимые соединения (соду, щелочи и т. п.), а катионы кальция и магния задерживаются в катионите. В качестве катионитов применяют сульфоуголь, синтетические смолы типа КУ-1, КУ-2-8.

В состав натрий-катионитовых установок для умягчения воды входят фильтры первой и второй ступени, баки запаса воды и раствора соли, насосы, трубопроводы, запорно-регулирующая арматура.

Фильтр для натрий-катионирования (рис. 52) представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд, состоящий из корпуса *4*, верхнего распределительного *2* и нижнего дренажного *5* устройств, трубопроводов, запорной арматуры и фильтрующей загрузки.

На нижнее днище установлено дренажное устройство *5* с отверстиями для дренажных колпачков *6*. В верхней части корпуса предусмотрен овальный люк, который служит для загрузки катионита и осмотра поверхности фильтрующего слоя. В нижней части корпуса фильтра предусмотрен овальный люк, предназначенный для обслуживания дренажных колпачков. В центре верхнего днища фильтра находится трубопровод, подающий воду на обработку, в центре нижнего днища – трубопровод для вывода из фильтра обработанной воды. Верхнее распределительное устройство предназначено для подвода исходной воды, регенерационного раствора и отвода взрыхляющей воды. Трубопроводы и запорная арматура, расположенные по фронту фильтра, позволяют осуществлять подвод к фильтру и отвод из него всех потоков воды и регенерационного раствора в процессе эксплуатации.

При эксплуатации фильтров необходимо выполнять следующие операции:

1. Умягчение воды пропуском исходной («сырой») воды через слой катионита сверху вниз.

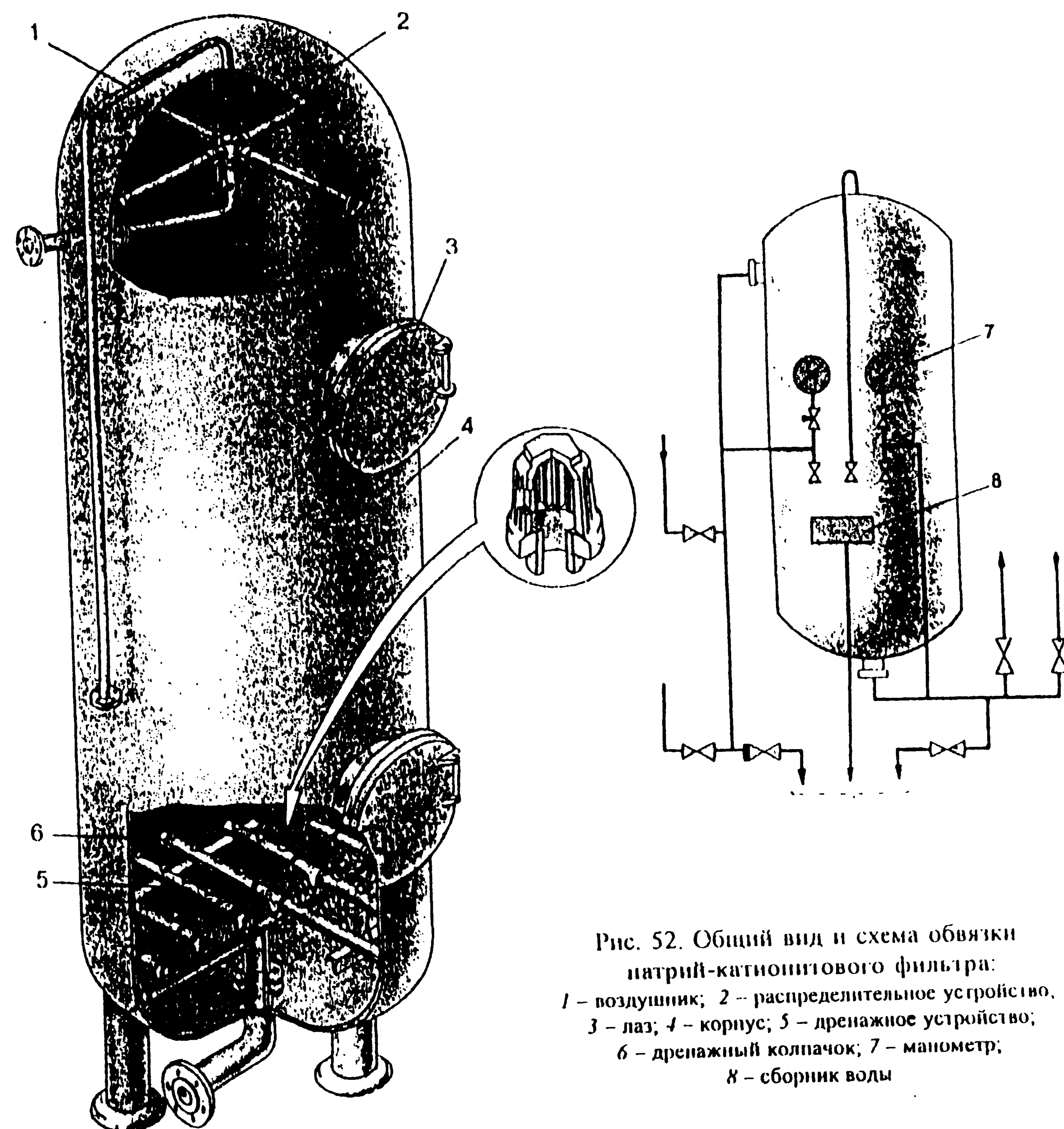


Рис. 52. Общий вид и схема обвязки натрий-катионитового фильтра:
1 – воздушник; *2* – распределительное устройство, *3* – лаз; *4* – корпус; *5* – дренажное устройство; *6* – дренажный колпачок; *7* – манометр; *8* – сборник воды

2. Взрыхление и отмывку от загрязнений катионита потоком водопроводной воды снизу вверх с последующим сбросом ее в канализацию.
3. Регенерацию катионита пропуском сверху вниз раствора поваренной соли.
4. Отмывку катионита водопроводной водой от остатков поваренной соли и хлоридов.

В процессе обслуживания фильтров необходимо брать пробы воды, раствора соли, производить анализы, следить за давлением воды, ее температу-

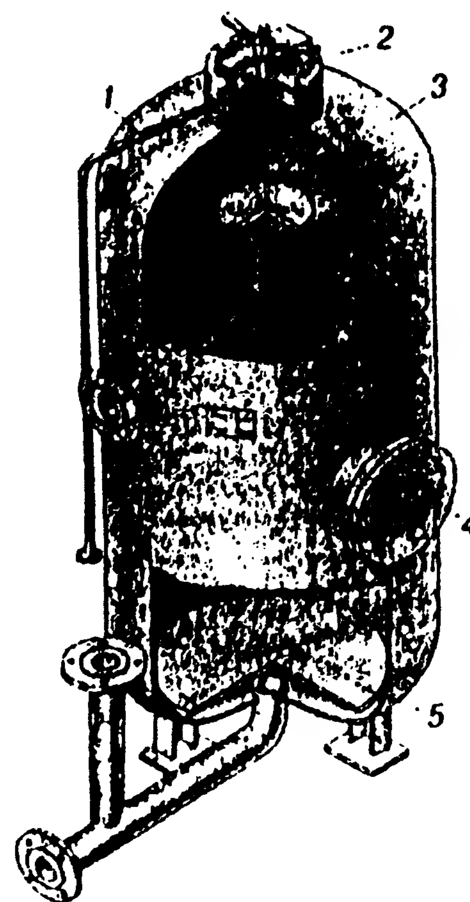


Рис 53. Солерастворитель:
1 – воздушник, 2 – крышка; 3 – корпус; 4 – люк, 5 – дренажная плита

рой. Для предупреждения потерь катионита вследствие его пептизации (т. е. разложения) под воздействием горячей воды температуру воды перед фильтром ограничивают. При использовании сульфоугля температура воды не должна превышать 40°С, для КУ-2-8 – 80°С.

После того как из катионита будут вытеснены катионы натрия, он истощается и перестает умягчать воду. Для восстановления обменной способности катионита производят его регенерацию с помощью 8–10-процентного раствора поваренной соли NaCl, для приготовления которого служит солерастворитель (рис. 53).

НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕАЭРАТОРОВ. ТИПЫ ДЕАЭРАТОРОВ

Для удаления коррозийно-агрессивных газов из питательной воды паровых котлов и подпиточной воды системы теплоснабжения и горячего водоснабжения в котельных установках применяются термические деаэраторы. В зависимости от давления в корпусе различают деаэраторы повышенного и атмосферного давления, а также вакуумные деаэраторы. По способу нагрева воды деаэраторы разделяют на струйные, барботажные и комбинированные.

На рис. 54 изображен *деаэратор атмосферного давления.* Обрабатываемая вода поступает в деаэрационную колонку *1* на верхнюю распределительную тарелку *2*, затем на вторую распределительную тарелку *6* и промежуточные тарелки *7*. Вода стекает тонкими струйками навстречу греющему пару, нагревается до 102–104°С и поступает в деаэраторный бак *9*. Деаэрированная вода забирается питательными или подпиточными насосами через патрубок *10*.

В вакуумных деаэраторах поддерживается давление ниже атмосферного (порядка 0,3 кгс/см^2). Такое давление создается с помощью водоструйного эжектора. Вода в колонке деаэратора при данном давлении вскипает при температуре около 70°С, что позволяет проводить деаэрацию воды в котельных, в которых установлены только водогрейные котлы.

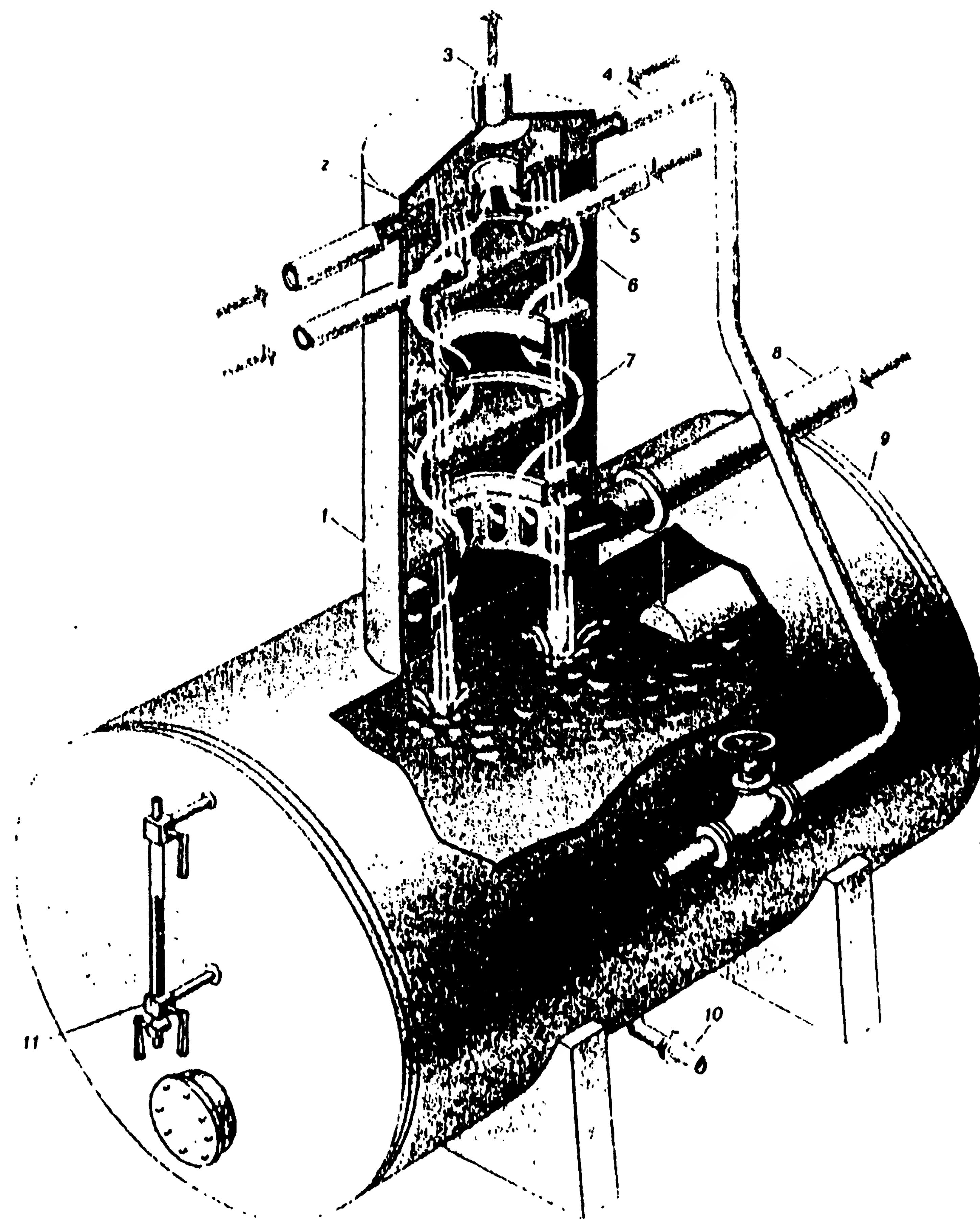


Рис. 54. Деаэратор атмосферного давления:
1 – деаэрационная колонка; *2* – верхняя распределительная тарелка; *3* – выход остатка пара и газов; *4* – подвод химически очищенной воды; *5* – подвод конденсата; *6* – вторая распределительная тарелка; *7* – промежуточная тарелка; *8* – подвод греющего пара; *9* – деаэраторный бак; *10* – выход воды; *11* – указатель уровня воды

На рис. 55 приведена конструкция струйно-барботажного вертикального вакуумного деаэратора. Вода, направляемая на дегазацию по трубе *7*, попадает на верхнюю тарелку *6*, которая секционирована с таким расчетом, что при минимальной (30%) нагрузке работает только часть отверстий во внутреннем секторе. При увеличении нагрузки включаются в работу дополнительные ряды отверстий. Секционирование верхней тарелки

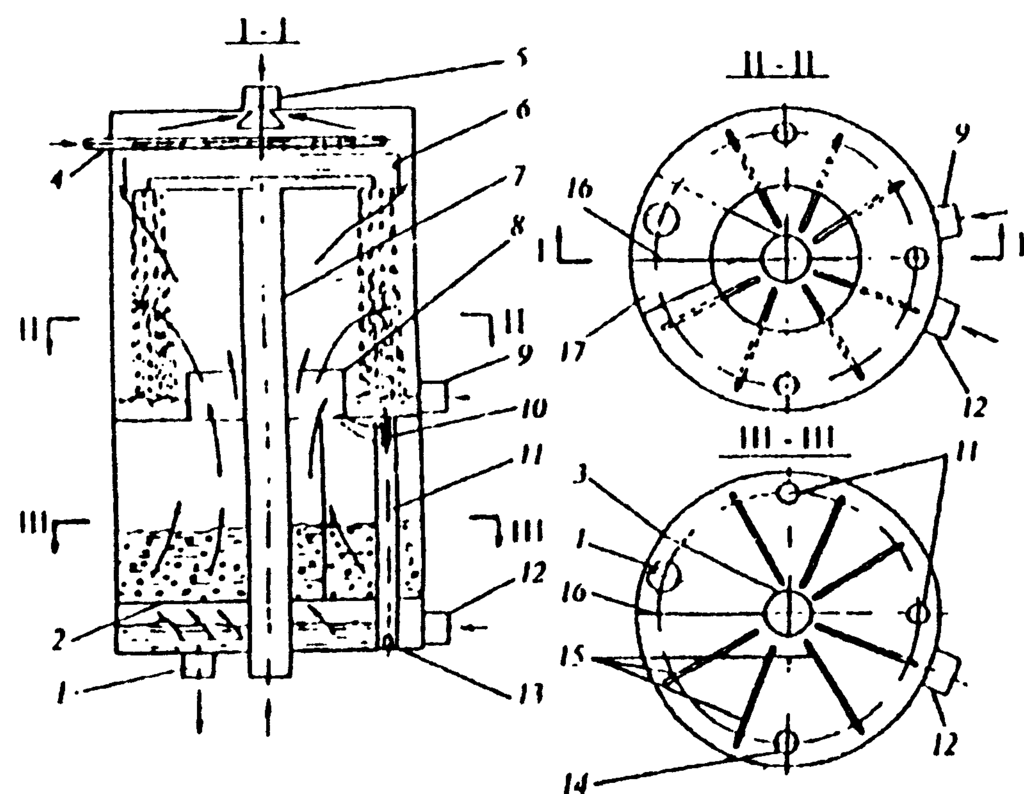


Рис. 55. Общий вид двухступенчатого вакуумного деаэратора:
1 – отвод деаэрированной воды; *2* – барботажный лист; *3* – водосливной порог; *4* – коллектор; *5* – отвод выпара; *6* – верхняя тарелка; *7* – подвод исходной воды; *8* – перепускная тарелка; *9* – подвод конденсата; *10, 13* – отверстия для перепуска пара; *11* – трубы; *12* – подвод горячей воды; *14* – водоперепускная труба; *15* – щели для прохода пара; *16* – вертикальная перегородка; *17* – сектор для слива воды

позволяет избежать гидравлических перекосов по пару и воде при колебаниях нагрузки и во всех случаях обеспечить обработку струй паром*. Пройдя струйную часть, вода попадает на перепускную тарелку *8*, предназначенную для сбора и перепуска воды на определенный участок, расположенный ниже барботажного листа *2*. Перепускная тарелка имеет отверстие *17* в виде сектора, который с одной стороны примыкает к вертикальной сплошной перегородке *16*, идущей вниз до основания корпуса колонки. Вода с перепускной тарелки направляется на барботажный лист *2*, выполненный в виде кольца со щелями или отверстиями *15*, ориентированными перпендикулярно потоку воды. В конце барботажного листа имеется водосливной порог *3*, который проходит до нижнего основания деаэратора. Вода протекает по барботажному листу, переливается через порог и попадает в сектор, образуемый порогом *3* и перегородкой *16*, а затем самотеком отводится в трубу *1*. Весь пар в колонку подводится под барботажный лист по трубе *12*. Под листом образуется паровая подушка, и пар, проходя через щели *15*, барботирует через слой воды. С увеличением нагрузки, а следовательно и расхода пара, паровая подушка увеличивается и избыточный пар перепускается в обвод барботажного листа через отверстия *13* и *10* в трубах *11*. Затем пар проходит через горловину в перепускной тарелке и поступает в струйный отсек, где большая часть пара конденсируется. Паровоздушная смесь отсасывается по трубе *5*. Подвод химически умягченной воды после охладителя выпара осуществляется через коллектор *4* на верхнюю тарелку *6*. При необходимости подачи в деаэратор конденсата его вводят через штуцер *9* на перепускную тарелку.

* В качестве теплоносителя в деаэраторе могут использоваться горячая вода или пар.

При отсутствии пара в качестве греющей среды используется вода, нагретая до 70°С, подводящаяся также под барботажный лист по трубе *12*. Попадая в область давления ниже атмосферного, вода вскипает, образуя под листом паровую подушку. Вода, оставшаяся после вскипания, по трубе *14* удаляется на начальный участок барботажного листа, где проходит обработку совместно с исходным потоком воды. Дальнейший путь пара, выделившегося из перегретой воды, не отличается от описанного выше.

Вертикальные вакуумные деаэраторы комплектуются поверхностными охладителями выпара, которые служат для конденсации максимального количества пара из отводимой из деаэратора паровоздушной смеси и утилизации тепла и конденсата этого пара. Устройство охладителя выпара аналогично конструкции пароводяных трубчатых теплообменников.

В качестве воздухоотсасывающих устройств для вакуумных деаэраторов применяются водоструйные эжекторы. Принцип действия эжектора такой же, как у рассмотренного выше парового инжектора (см. рис. 48). В водогрейных котельных применяются водоструйные эжекторы, отличающиеся простотой устройства и эксплуатации. Для этих эжекторов требуется рабочая вода давлением не менее 2 кгс/см^2 и температурой не выше 30°С.

В котельных получила распространение замкнутая схема включения водоструйных эжекторов, приведенная на рис. 56. В этой схеме подача рабочей воды к эжекторам осуществляется отдельными насосами с постоянным напором. После отсоса и конденсации паровоздушной смеси рабочая вода возвращается в приемный бак и опять включается в рециркуляцию. Для исключения перегрева рабочей воды в бак непрерывно подается холодная вода, а подогретая вода сливается.

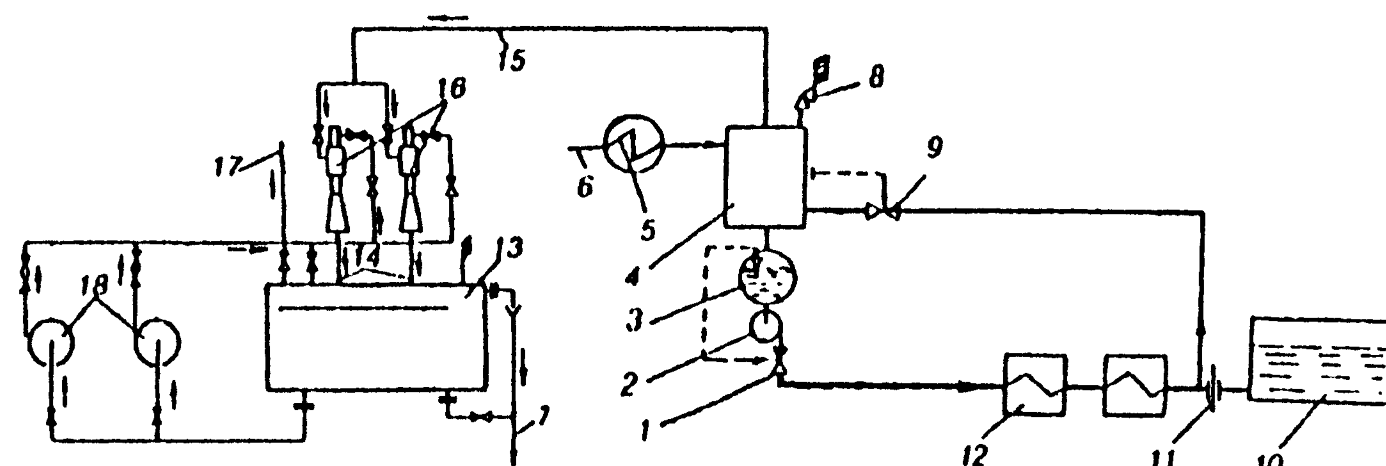


Рис. 56. Схема деаэрации воды в котельных с водогрейными котлами:
1 – регулятор; *2* – насос; *3* – промежуточный бак; *4* – вакуумный деаэратор; *5* – система химического умягчения; *6* – исходная вода; *7* – сброс нагретой воды; *8* – защитное устройство; *9* – регулятор давления; *10* – бак-аккумулятор; *11* – ограничительная диафрагма; *12* – подогреватель; *13* – приемный бак; *14* – сброс вологазовой смеси; *15* – отсос парогазовой смеси; *16* – водоструйные эжекторы; *17* – подвод охлаждающей воды; *18* – циркуляционные насосы

Вакуумные деаэраторы не имеют запаса воды в своем корпусе. При сливе деаэрированной воды самотеком в аккумуляторные баки уровень ее колеблется в сливном трубопроводе в зависимости от давления в деаэраторе и нагрузки. При работе деаэратора на насос для его устойчивой работы необходимо предусматривать промежуточный бак (см. рис. 56).

В схеме (рис. 56) исходная вода, пройдя систему химического умягчения, с температурой 25–30°C сразу направляется в вакуумный деаэратор *4*, где деаэрируется при температуре 40–50°C, затем поступает в подогреватель *12*, где подогревается до 70°C и отводится в бак-аккумулятор *10*. Часть этой воды с температурой 70°C возвращается в вакуумный деаэратор и служит греющей средой для исходной воды. Все подогреватели работают на деаэрированной воде. Греющей средой для подогревателей *12* служит прямая вода теплосети. Надежная работа насоса в схеме обеспечивается аккумуляторным баком *3* и регулятором *1*.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЯМ КОТЕЛЬНЫХ

Котлы и вспомогательное оборудование обычно размещают в отдельно стоящем здании. Над котлами не допускается устраивать чердачные перекрытия или другие помещения. В здании котельной нельзя размещать не относящиеся к ней бытовые или служебные помещения. Пол в котельной делается не ниже уровня земли. В котельной не допускается устройство приямков. В здании котельной должно быть не менее двух выходов наружу, расположенных в противоположных местах. Выходные двери из котельной должны открываться наружу, а из служебных, бытовых и других помещений – в сторону котельной. Помещения в котельной должны иметь достаточное освещение, а в ночное время – электрическое освещение. Помимо рабочего в котельной должно быть аварийное электрическое освещение. Ширина проходов в котельной принимается не менее 1 м и только в отдельных местах (выступающие части котла, колонны, кронштейны) их ширина может быть уменьшена до 0,7 м. Высота проходов должна быть не менее 2 м.

Если зола и шлак выгребаются на площадку перед котлом, то над этим местом устанавливается зонт вытяжной вентиляции.

ТРЕБОВАНИЯ К РАБОЧИМ ЛЕСТНИЦАМ, ПЛОЩАДКАМ

Согласно «Правилам» для удобства и безопасного обслуживания котлов, пароперегревателей и экономайзеров должны быть установлены постоянные площадки и лестницы с перилами высотой не менее 0,9 м со сплошной обшивкой понизу не менее 100 мм. Переходные площадки и лестницы должны иметь перила с обеих сторон.

Для изготовления площадок и ступеней лестниц применяется стальной просечно-вытяжной лист, рифленая листовая сталь, сотовая или полосовая (на ребро) сталь с просветом ячеек не более 12 см².

Применять гладкую или прутковую (круглую) сталь для площадок и ступеней запрещается.

АВАРИЙНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ

Помимо рабочего освещения в котельной должно быть аварийное электрическое освещение.

Подлежат обязательному освещению фронт котлов, проходы, щиты и пульты управления, водоуказательные и измерительные приборы, вентиляторные и дымососные площадки, а также помещения: для баков, деаэраторов, водоподготовки, насосные, зольные; а также лестницы и площадки котлов.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

ДОПУСК ПЕРСОНАЛА К ОБСЛУЖИВАНИЮ КОТЛА

К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

Аттестация операторов котлов проводится комиссией с участием инспектора госгортехнадзора.

Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже одного раза в 12 месяцев.

Внеочередная проверка знаний проводится:

а) при переходе на другое предприятие;

б) в случае перевода на обслуживание котлов другого типа;

в) при переводе котла на сжигание другого вида топлива;

г) по решению администрации или по требованию инспектора госгортехнадзора.

Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении.

При перерыве в работе по специальности более 12 месяцев персонал, обслуживающий котлы, после проверки знаний должен перед допуском к самостоятельной работе пройти стажировку для восстановления практических навыков.

Допуск персонала к самостоятельной работе должен оформляться приказом по цеху или предприятию.

ПОРЯДОК ПРИЕМА И СДАЧИ СМЕНЫ

Машинист (оператор) должен явиться на работу за 15–20 мин до начала смены.

При заступлении на дежурство необходимо ознакомиться с записями в сменном журнале: распоряжениями начальника котельной, замечаниями по работе оборудования в предыдущую смену (рис. 57). Следует произвести осмотр котлов и вспомогательного оборудования, обратив особое внимание на состояние основных элементов котла (труб, барабанов,



Рис. 57. Прием смены.
Случаи нарушения обслуживающим персоналом требований инструкций

коллекторов). Кратковременным пуском следует убедиться в исправности резервного оборудования (насосов, вентиляторов, дымососов и др.). Необходимо проверить исправность предохранительных клапанов, водоуказательных стекол, манометров и других приборов, исправность защит и аварийной сигнализации. Проверить запас воды, топлива, наличие индивидуальных средств защиты, противопожарных и других технических средств, выполнить другие требования производственной инструкции по приемке смены.

Особое внимание следует обратить на состояние котлов: нет ли отдулин, выпучин, трещин, течи и других повреждений на видимых частях котла, на состояние колосников, исправность газовых горелок, состояние водяного экономайзера. Записать в сменный журнал показания контрольно-измерительных приборов. Проверить уровень воды в котле и продуть водоуказательные приборы, проверить исправное состояние манометра и предохранительных клапанов. Клапаны продуть, осторожно поднимая грузы или разжимая пружину.

Следует убедиться, что продувочная и спускная арматура закрыта плотно и не пропускает воду, для чего осторожно дотронуться до участка трубы после запорных вентилей. Если запорная арматура герметична, то поверхность трубы должна быть холодной. Проверить исправность и положение (открытое, полуоткрытое, закрытое) всех паровых и водяных вентилей (задвижек, кранов), наличие на них маховиков и рукояток управления. Необходимо проверить состояние систем аварийной защиты и сигнализации, аварийного освещения и оповещения администрации.

Машинист (кочегар, оператор), принимающий смену, должен записать в сменный журнал все обнаруженные им при вступлении на дежурство неисправности и расписаться в журнале вместе с машинистом, сдающим смену.

Запрещается сдавать (принимать) смену при ликвидации аварии или пожаре в котельной, а также при выполнении ответственных переключений.

ПОДГОТОВКА КОТЛА К РАСТОПКЕ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Котел готовится к пуску по письменному распоряжению лица, ответственного за безопасную эксплуатацию котла. Пуск котла на твердом топливе следует производить в следующей последовательности:

– закрыть спускные и продувочные вентили;

– для выпуска воздуха из котла открыть воздушный вентиль или подклинить предохранительный клапан;

– проверить топочное устройство, при необходимости очистить топку от остатков золы и шлака, проверить работу механизмов топливоподачи и шлакоудаления; перед растопкой провентилировать топку и газоходы котла, для чего открыть шибер (направляющий аппарат дымососа) и поддувальную дверцу;

– перед топочной дверцей разложить дрова на колосниковой решетке;

– если имеется возможность, то использовать для растопки горячий уголь из соседних котлов.

Если готовится к пуску паровой котел, то следует заполнить водой до нижнего уровня его паросборник и проверить исправность водоуказа-

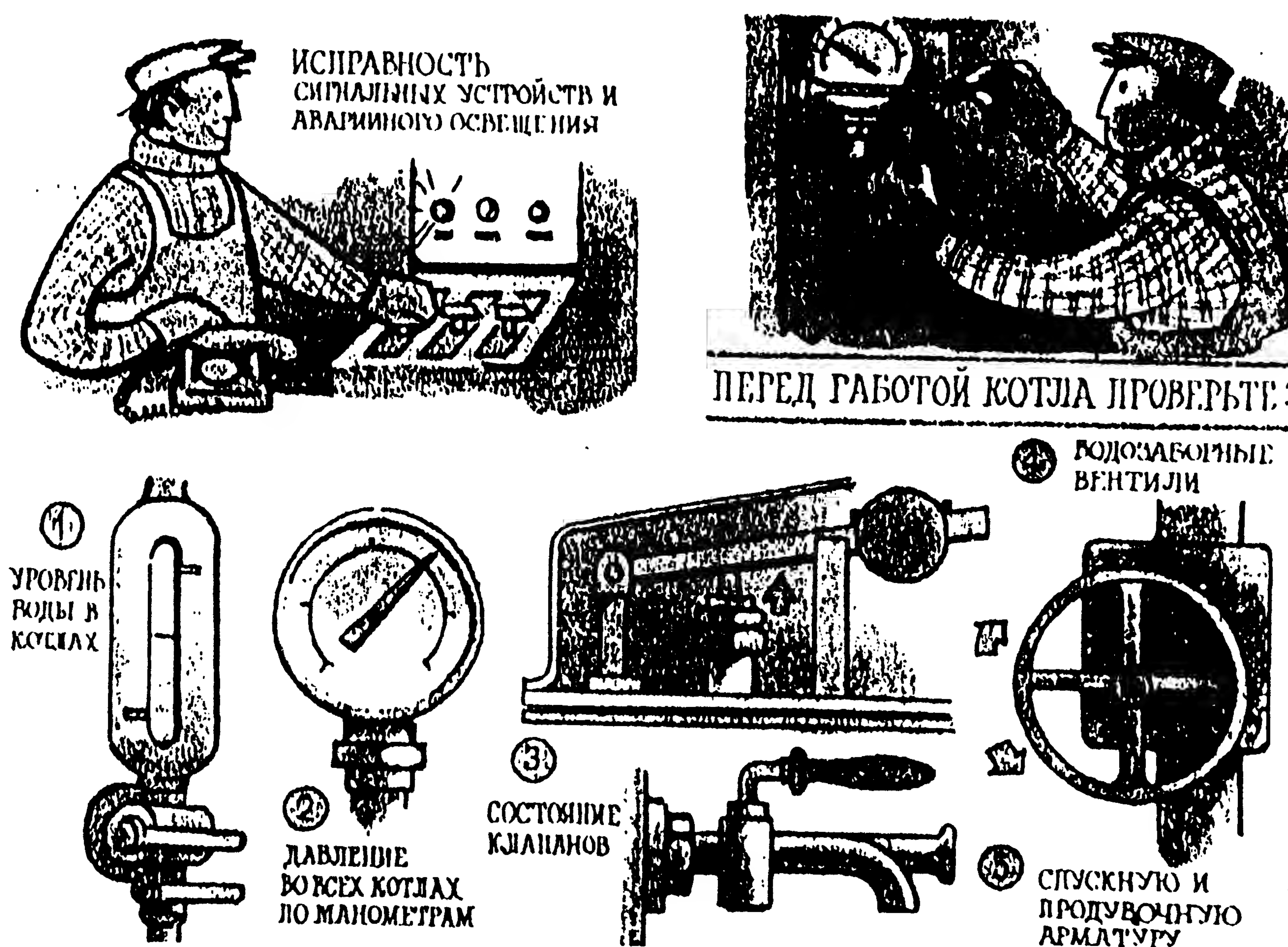


Рис. 58. Подготовка котла к растопке

тельных стекол (рис. 58). Перед пуском водогрейного котла необходимо обеспечить циркуляцию воды через котел.

РАСТОПКА КОТЛА НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Растопка котла должна производиться в течение времени, установленного производственной инструкцией. Растопку ведут при слабом горении, уменьшенном дутье, тяге, закрытом паровом вентиле и открытом воздушнике. После образования достаточного количества горящего древесного угля следует усилить тягу и забросить слой крупного угля с размером кусков 60–90 мм. После того как уголь хорошо разгорится, закрыть дверцы поддувала и включить дутье. После появления пара закрыть предохранительный клапан или воздушник. Проверить манометр и продуть водоуказательные приборы. После поднятия давления пара до 3 кгс/см^2 проверить плотность арматуры, люков, лазов, после чего медленно повышать давление пара до рабочего. Не допускается применять при растопке легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, керосин и др.).

РАСТОПКА КОТЛА НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ

Растопка котла производится по письменному распоряжению лица, ответственного за безопасную эксплуатацию котла. Перед растопкой котел следует подготовить, для чего паровой котел заполнить водой, а в водогрейном обеспечить циркуляцию воды. Проверить исправность арматуры, водоуказательных стекол, КИП, средств защиты и автоматики. Перед растопкой котла в течение 10–15 минут тщательно провентилировать топку и газоходы котла, для чего включить сначала дымосос, а затем дутьевой вентилятор. Необходимо обеспечить циркуляцию мазута и создать перед форсункой котла требуемое давление и температуру. Если у котла отсутствуют устройства для парового разогрева, то растопку производят на дровах. Котел следует разогревать медленно, обеспечивая равномерное расширение металла и обмуровки. После появления пара закрывают предохранительные клапаны или воздушник. Для улучшения циркуляции воды производят продувку котла. Медленно поднимают давление до 1–3 кгс/см². Розжиг штатных форсунок (горелок) производят в порядке, установленном производственной инструкцией, соблюдая меры безопасности. Перед включением котла в паропровод котельной следует проверить исправность манометра и продуть водоуказательные стекла.

РОЗЖИГ ПАРОМАЗУТНОЙ ФОРСУНКИ

Перед розжигом паромазутной форсунки следует в течение 10–15 мин провентилировать топку при включенном дымососе и дутьевом вентиляторе. В трубопроводе подачи мазута к котлу необходимо установить температуру и давление согласно указаниям производственной инструкции. Перед розжигом форсунку продувают паром. Розжиг паромазутной форсунки производится с помощью ручного растопочного факела или электрозапальника. Факел вносят в топку через специальное отверстие и располагают его рядом или ниже форсунки. Сначала включают пар. Подача мазута осуществляется открытием запорного устройства на мазутопроводе. После воспламенения мазута и образования устойчивого факела следует отрегулировать разрежение в топке котла, чтобы оно составляло 2–3 мм вод. ст. (20–30 Па). При устойчивом горении удаляют из топки растопочный факел. При розжиге следует соблюдать меры безопасности: использовать индивидуальные средства защиты (очки, каску, брезентовые рукавицы и т. п.), нельзя стоять напротив гляделок, открытых люков, дверок, нельзя зажигать мазутный факел от раскаленной кладки топки или фурмы, а также от факела соседней форсунки.

ВКЛЮЧЕНИЕ КОТЛА В РАБОТУ. ПРИЧИНЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ И ДЕЙСТВИЯ ПЕРСОНАЛА ПРИ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИИ

Перед включением в работу котла, находящегося в горячем резерве, следует произвести продувку котла, проверить исправность действия предохранительных клапанов, манометра, водоуказательных приборов и питательных устройств, проверить и включить автоматику безопасности и аварийную сигнализацию.

При включении котла в действующий паропровод котельной давление пара в котле должно быть равно или немного ниже (на 0,5 кгс/см²) давления в паропроводе.

Перед пуском пара в холодный участок паропровода открывают дренажную арматуру для спуска конденсата и прогревают указанный участок паропровода. Для этого медленно открывают парозапорный вентиль котла на 1/8 оборота и выдерживают в таком положении до прекращения шума пара. Затем приоткрывают вентиль еще на 1/8 оборота и так до полного его открытия. При возникновении вибрации или гидравлических ударов (рис. 59) необходимо немедленно прекратить прогрев и усилить продувку паропровода.

Во время прогрева необходимо следить за исправностью паропровода, компенсаторов, опор и подвесок, а также за равномерным расширением паропровода.

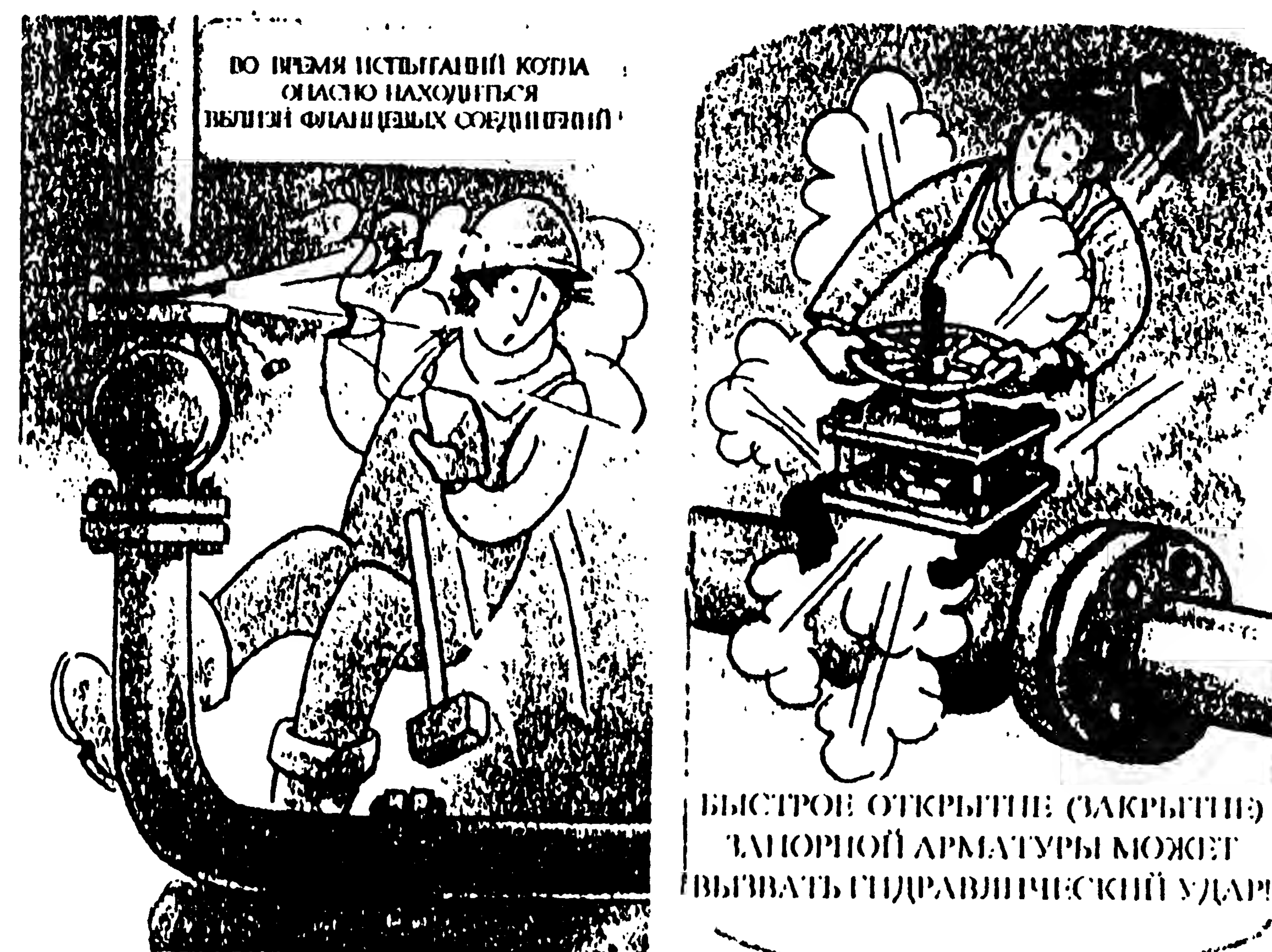


Рис. 59. Причины гидроударов

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПРОДУВКА КОТЛА

Целью периодической продувки является удаление шлама из нижних частей котла (барабан, коллекторы, грязевик). Продувка производится в сроки, установленные в производственной инструкции в присутствии ответственного по смене. О предстоящей продувке котла предупреждают персонал котельной, а также лиц, ремонтирующих соседние котлы.

При расположении продувочной арматуры у фронта котла продувку может выполнять один машинист, в других случаях продувку выполняют два машиниста: один производит продувку, второй наблюдает за уровнем воды в котле.

Продувку котла производят в следующем порядке:

а) проверяют исправность продувочной линии;

б) ощупывают трубу между котлом и продувочным вентилем, которая должна быть горячей, холодная труба свидетельствует об образовании в ней пробки шлама и накипи. В этом случае проводить продувку опасно, так как возможен гидроудар с разрушением трубопровода и арматуры;

в) проверяют исправность водоуказательных приборов и продувочной арматуры;

г) при возможности снижают нагрузку котла (ослабляют горение в топке);

д) подкачивают воду в котел до высшего допустимого уровня;

е) осторожно открывают второй от котла продувочный вентиль, затем слегка ослабляют первый. После этого постепенно и осторожно его открывают. Другой машинист должен наблюдать за уровнем воды в котле, а также за показанием манометра. В случае появления в продувочном трубопроводе гидравлических ударов, вибрации труб и других неполадок продувку следует немедленно прекратить;

ж) при снижении уровня до нормального постепенно закрывают ближайший к котлу продувочный вентиль*, а затем второй от котла;

з) при окончании продувки следует убедиться, что продувочные вентили закрыты плотно.

Спустя полчаса проверить на ощупь состояние трубы за продувочными вентилями и, если труба горячая, закрыть их надежнее.

Запрещается закрывать и открывать продувочные вентили ударами молотка, а также при помощи рычага.

О начале и конце периодической продувки должна быть сделана запись в сменном журнале.

---

* Для некоторых котлов (ДКВр, ДЕ и др.) продолжительность продувки нижних точек (время открытия и закрытия первого вентиля по ходу воды из котла) инструкцией изготовителя ограничивается до 15–30 с.

ТЯГОДУТЬЕВЫЕ УСТРОЙСТВА КОТЛА. ПОРЯДОК ВКЛЮЧЕНИЯ ДЫМОСОСОВ В РАБОТУ

Схема газовоздушного тракта котельной установки показана на рис. 60.

Для подачи воздуха в топку котла установлен дутьевой вентилятор 2. Необходимое разрежение в топке котла (тягу) обеспечивает дымосос 9. Для регулирования принудительной тяги наибольшее распространение получили лопа-

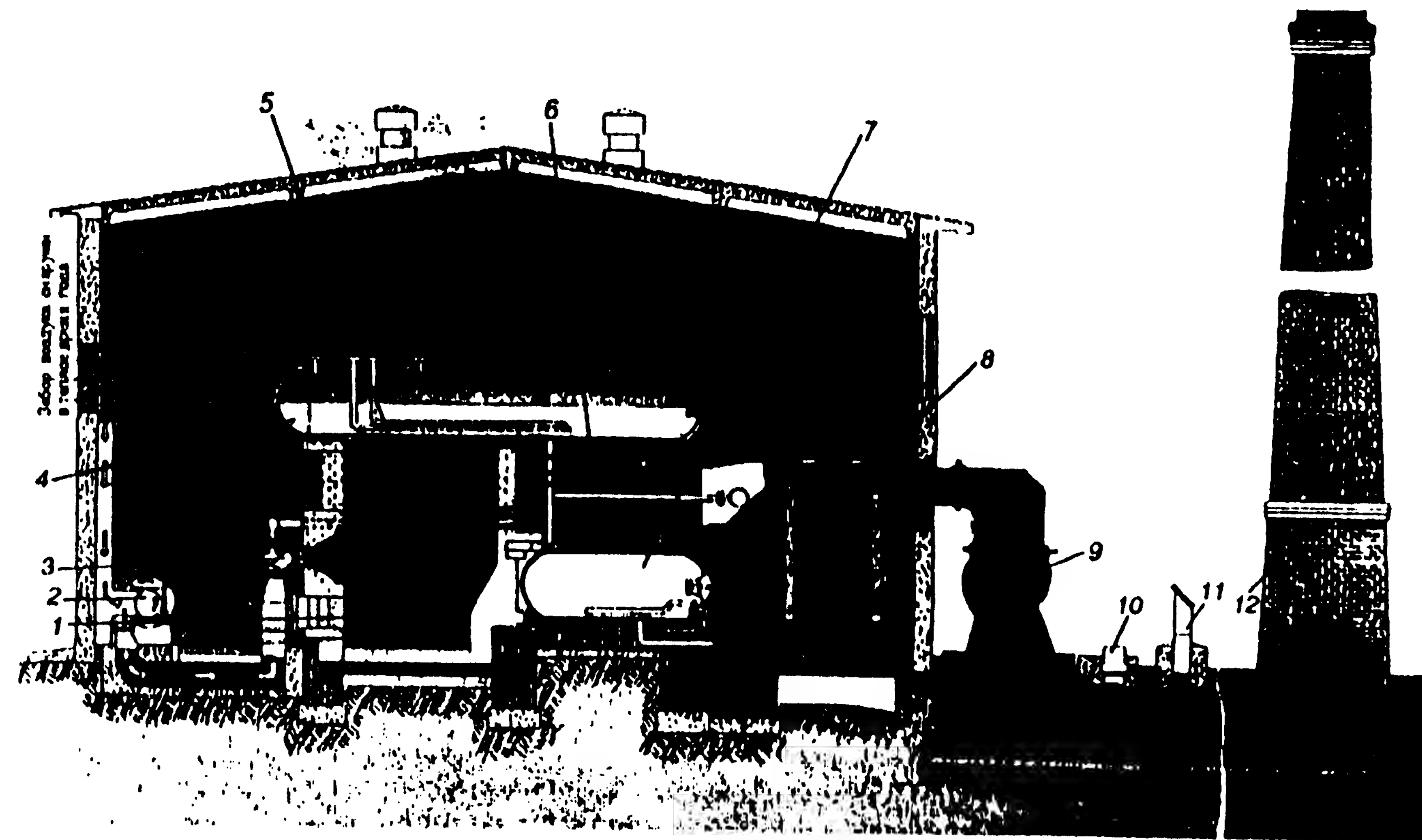


Рис. 60. Схема газовоздушного тракта парового котла:
1 – вентилятор острого дутья (воздух для распыления мазута); 2 – дутьевой вентилятор; 3 – форсунки; 4 – верхний барабан; 5 – топка; 6 – конвективный пучок; 7 – нижний барабан; 8 – экономайзер; 9 – дымосос; 10 – лаз в газоход; 11 – взрывной клапан; 12 – дымовая труба

точные направляющие аппараты, которые устанавливают на всасывающем патрубке дымососа. Регулирование расхода дымовых газов осуществляется поворотом лопаток с помощью кольца и системы рычагов. При этом разрежение в топке увеличивается или уменьшается. При обслуживании котлов пуск в работу дымососа производят в следующем порядке: закрывают направляющий аппарат или шибер (заслонку), на всасывающем патрубке дымососа, включают электродвигатель и после набора оборотов двигателя медленно открывают направляющий аппарат (шибер).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ (ВКЛЮЧЕНИЕ, ВЫКЛЮЧЕНИЕ, РЕГУЛИРОВАНИЕ)

Перед включением необходимо осмотреть насос 1 и электродвигатель 2 (рис. 61), проверить наличие масла в подшипниках, провернуть вручную вал

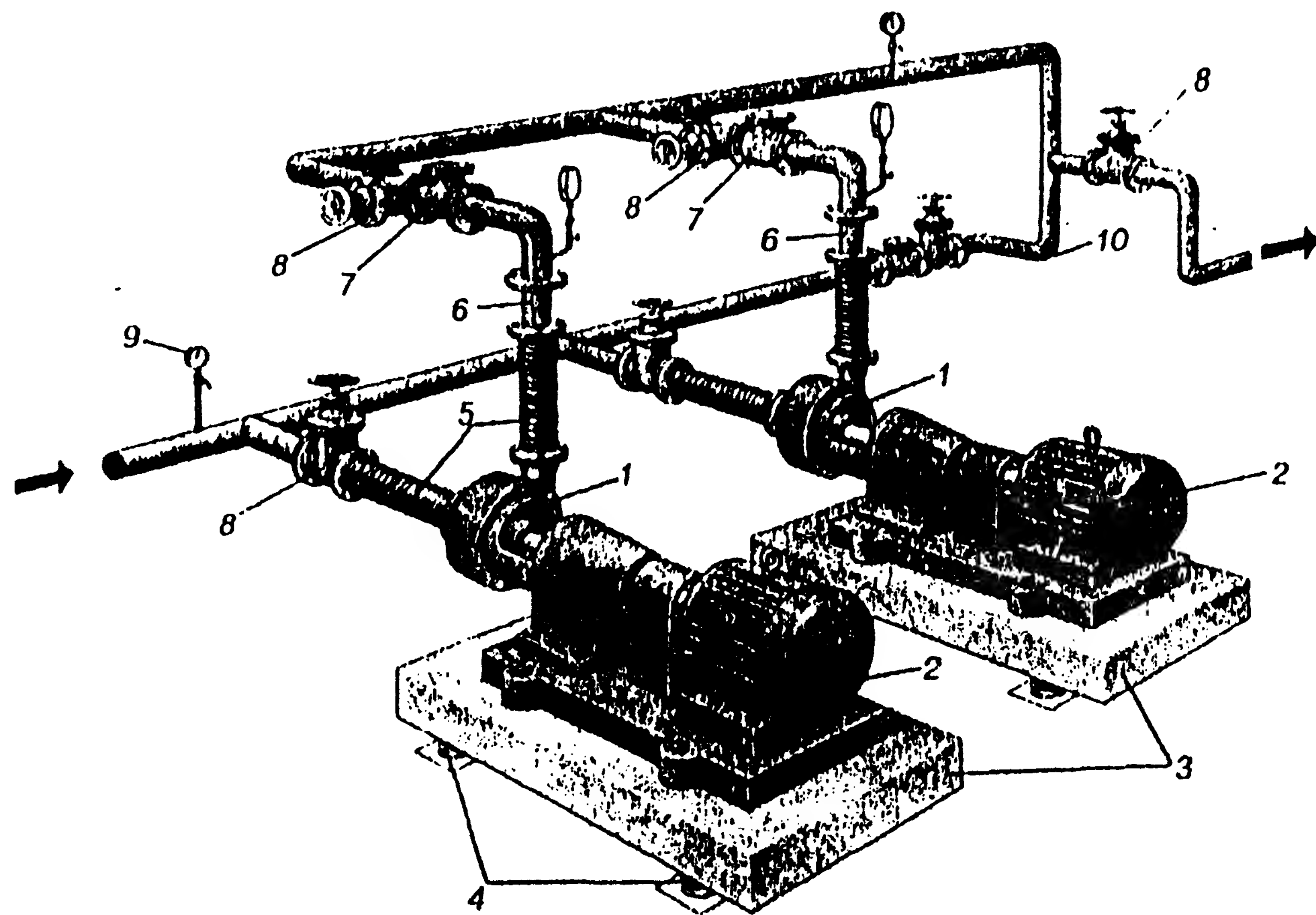


Рис. 61. Насосная установка:
1 – центробежный насос; 2 – электродвигатель; 3 – фундамент; 4 – пружинный амортизатор; 5 – гибкая вставка; 6 – переходный патрубок; 7 – обратный клапан; 8 – задвижка; 9 – манометр; 10 – байпасный трубопровод

(если позволяет конструкция) и открыть задвижку на всасе насоса. Насос следует включать при закрытой задвижке (вентиле) на напорном патрубке. После достижения нормальной частоты вращения вала насоса осторожно открывают задвижку (вентиль) на напорном патрубке, наблюдая за давлением воды до и после насоса по манометрам. При возникновении стуков, шума, ударов немедленно закрывают задвижку (вентиль). Регулирование производительности насоса производят с помощью обводной линии (байпаса), перепуская часть жидкости из напорного во всасывающий трубопровод (см. рис. 61). При отсутствии байпасного трубопровода производительность регулируют с помощью задвижки (вентиля) на напорной линии.

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА КОТЛОВ

В котельных установках наибольшее распространение находит механическая очистка поверхностей нагрева котлов от внутренних и наружных загрязнений.

Барабаны и коллекторы котлов от внутренних отложений шлама и накипи чистят стальными щетками и скребками до металлического блеска, а затем протирают ветошью. Трубы чистят ершами, шарошками, стальными банниками, проходя каждую трубу не менее двух раз. После чистки трубы протирают, для чего протаскивают сквозь них с помощью троса или сжатым воздухом специальные пыжи или ветошь. По окончании механической чистки необходимо проверить проходные отверстия всех труб котла калиброванными шарами. Наружная чистка состоит в удалении с поверхности нагрева отложений золы, шлака, сажи, а также ржавчины и окалины. Рыхлые отложения золы и сажи удаляют стальными щетками и метлами. Плотные отложения отскабливают скребками. Для чистки дымогарных труб применяют проволочные ерши, металлические щетки, шарошки. После очистки трубы продувают сжатым воздухом.

ОСТАНОВКА КОТЛА НА РЕМОНТ

Плановая остановка котла на ремонт производится по письменному распоряжению лица, ответственного за его безопасную эксплуатацию.

После остановки и охлаждения воды в котле до 60–70°С открывают воздушный вентиль (или подклинивают предохранительные клапаны) и сливают всю воду из котла. До начала работы внутри барабана или коллектора котла, соединенных с другими котлами работающими трубопроводами, а также перед внутренним осмотром и ремонтом элементов, работающих под давлением, котел должен быть отсоединен от всех трубопроводов, на которых установлена фланцевая арматура, заглушками с хвостовиками. В случае если арматура трубопроводов пара и воды бесфланцевая, отключение котла должно производиться двумя запорными органами при наличии между ними дренажного устройства Ду≥32 мм. Приводы задвижек, а также вентилей открытых дренажей и линий слива воды из котла должны быть заперты на замок так, чтобы исключить возможность ослабления их плотности при запертом замке.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ КОТЛОВ

Каждый котел должен подвергаться техническому освидетельствованию до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации, а в необходимых случаях – внеочередному освидетельствованию. Первичное техническое освидетельствование вновь установленных котлов производится после их монтажа и регистрации.

Техническое освидетельствование котла состоит из наружного и внутреннего осмотров и гидравлического испытания.

При наружном и внутреннем осмотрах котла выявляются возможные трещины, надрывы, отдулины, выпучины и коррозия поверхностей стенок труб, барабанов и коллекторов, повреждения обмуровки, опасные с точки зрения перегрева металла котла. Гидравлическое испытание

котлов пробным давлением производится только при удовлетворительных результатах наружного и внутреннего осмотров.

Наружный и внутренний осмотр котлов производится не реже одного раза в 4 года, а гидравлические испытания – не реже одного раза в 8 лет. Кроме того, владелец котла обязан самостоятельно производить наружный и внутренний осмотры и гидравлические испытания рабочим давлением после чистки от загрязнений внутренних элементов или ремонте элементов, но не реже чем через 12 месяцев, с записью результатов в ремонтный журнал.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ

В котельной должна находиться следующая техническая документация:

1. Паспорта котлов;
2. Инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации;
3. Документы по проведению и график планово-предупредительных ремонтов (ППР);
4. Ремонтный журнал;
5. Наряды-допуски на выполненные ремонтные работы;
6. Вахтенный (сменный) журнал;
7. Производственная инструкция для персонала, обслуживающего котлы, разработанная на основании инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации котла с учетом компоновки оборудования и местных условий эксплуатации;
8. Инструкция по ведению водно-химического режима и инструкция по эксплуатации установки (установок) для докотловой обработки воды;
9. Режимные карты: а) водно-химического режима; б) режима работы горелок;
10. Журнал (ведомость) по водоподготовке;
11. Журнал контрольной проверки манометров;
12. Инструкции, графики и журналы (акты) по техническому обслуживанию и проверке исправности сигнализации и автоматических защит;
13. Инструкции по консервации тепломеханического оборудования (при длительных (более трех суток) и кратковременных остановках);
14. Документы по результатам обследования котлов администрацией предприятия;
15. Заключения экспертных организаций, подтверждающие возможность эксплуатации котлов, отработавших установленный срок службы.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Для персонала, обслуживающего котлы, главным документом является производственная инструкция. Инструкция должна находиться на рабочем месте и выдаваться обслуживающему персоналу под расписку.

В производственной инструкции дается краткое описание устройства оборудования, приводится схема обвязки трубопроводов с указанием арматуры, указываются рабочие параметры (давление, температура, расход и т. п.), которые необходимо поддерживать при обслуживании оборудования. Далее даются указания по подготовке оборудования к пуску, приводится порядок пуска и обслуживания во время работы, нормальной и аварийной остановки. В инструкции указываются меры по безопасному обслуживанию оборудования, необходимые средства индивидуальной защиты.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ АВАРИЙ КОТЛОВ

СЛУЧАИ АВАРИЙНОЙ ОСТАНОВКИ КОТЛОВ

Котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в случаях:

- обнаружения неисправности предохранительного клапана;
- если давление в котле поднялось выше разрешенного на 10% и продолжает расти;
- снижения уровня воды ниже низшего допустимого уровня;
- повышения уровня воды выше высшего допустимого уровня;
- прекращения действия всех указателей уровня воды прямого действия;
- прекращения действия всех питательных насосов;
- если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере и др.) будут обнаружены трещины, выпучины, пропуски в их сварных швах, обрыв анкерного болта или связи;
- недопустимого повышения или понижения давления в тракте прямоточного котла до встроенных задвижек;
- погасания факелов в топке при камерном сжигании топлива;
- снижения расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого значения;
- снижения давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;
- повышения температуры воды на выходе из водогрейного котла до значений на 20°С ниже температуры насыщения, соответствующей рабочему давлению воды в выходном коллекторе котла;
- неисправности автоматики безопасности или аварийной сигнализации, включая исчезновение напряжения на этих устройствах;
- возникновения в котельной пожара, угрожающего обслуживающему персоналу или котлу.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ УПУСКА ВОДЫ ИЗ КОТЛА

Большинство аварий паровых котлов происходит из-за упуска воды (рис. 62). Причинами упуска являются:

- неисправность (отказ в работе) питательных устройств;

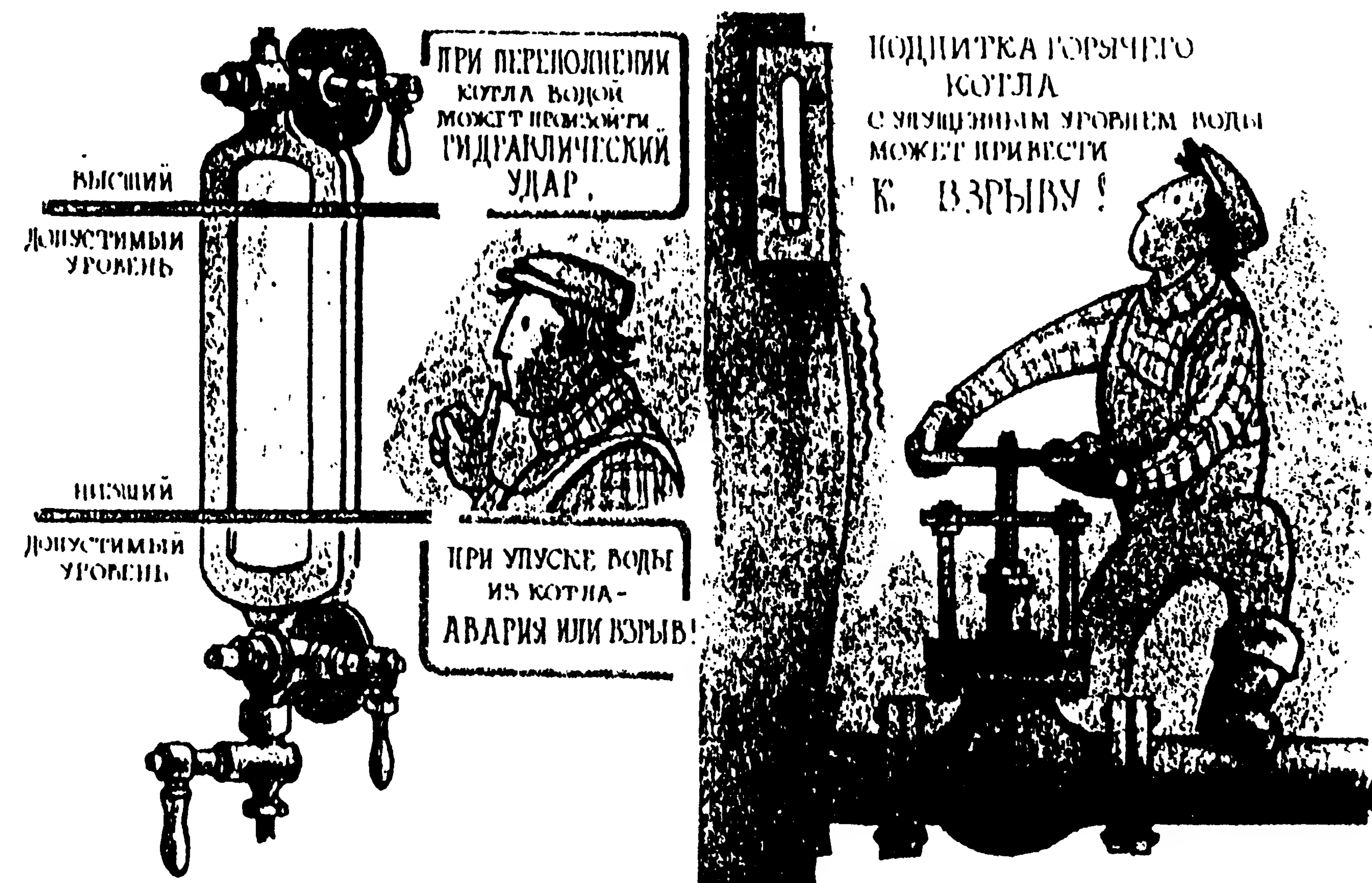


Рис. 62. Причины и последствия упуска воды из котла

- неисправность питательного вентиля, обратного клапана или авторегулятора подачи питательной воды в котел;
- сильная утечка воды из котла в результате разрыва труб, коллекторов, появление свищей в барабанах и т. п.;
- отказ запорной арматуры на линиях продувки в момент продувки котла;
- невнимательность обслуживающего персонала;
- нарушение производственной инструкции.

Упуск воды в паровом котле может иметь самые тяжелые последствия – взрыв котла и разрушение котельной. Так как часть барабана котла и кипятильных труб перестают охлаждаться, возникает перегрев металла. Если продолжать подачу воды в котел с целью восстановления уровня, то в результате термических перенапряжений могут произойти разрывы стенок труб, коллекторов, барабанов. Необходимо произвести аварийную остановку котла, отключить котел от паропровода и питательного трубопровода и медленно расхолаживать котел при остановленном дымососе и вентиляторе.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПЕРЕПИТКЕ КОТЛА ВОДОЙ

Согласно «Правилам» котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом при повышении уровня воды выше высшего допустимого уровня. Порядок аварийной остановки устанавливается производственной инструкцией. Причины аварийной остановки должны быть записаны в сменный журнал.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПОВЫШЕНИИ ДАВЛЕНИЯ ПАРА В КОТЛЕ ВЫШЕ РАЗРЕШЕННОГО

Согласно «Правилам», если давление в барабане котла поднялось выше разрешенного на 10% и, несмотря на принятые меры, продолжает расти, производится аварийная остановка котла в порядке, установленном производственной инструкцией. Причина аварийной остановки должна быть записана в сменном журнале.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПРЕКРАЩЕНИИ ДЕЙСТВИЯ ВСЕХ ВОДОУКАЗАТЕЛЬНЫХ СТЕКОЛ

Согласно «Правилам» в этом случае котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом. Порядок аварийной остановки должен быть указан в производственной инструкции. Причины аварийной остановки должны быть записаны в сменном журнале.

После остановки котла и снижения давления пара следует заменить или прочистить неисправные водоуказательные стекла (рис. 63).

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПРЕКРАЩЕНИИ ДЕЙСТВИЯ ВСЕХ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ

Согласно «Правилам» при прекращении действия всех питательных насосов котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персонала. Порядок аварийной остановки указывается в производственной инструкции. Причины аварийной остановки котла должны быть записаны в сменном журнале. Оператор (машинист) должен принять все меры по предотвращению упуска воды в паровых котлах (например, запитать котлы из водопровода). Котлы следует отключить от паропровода.

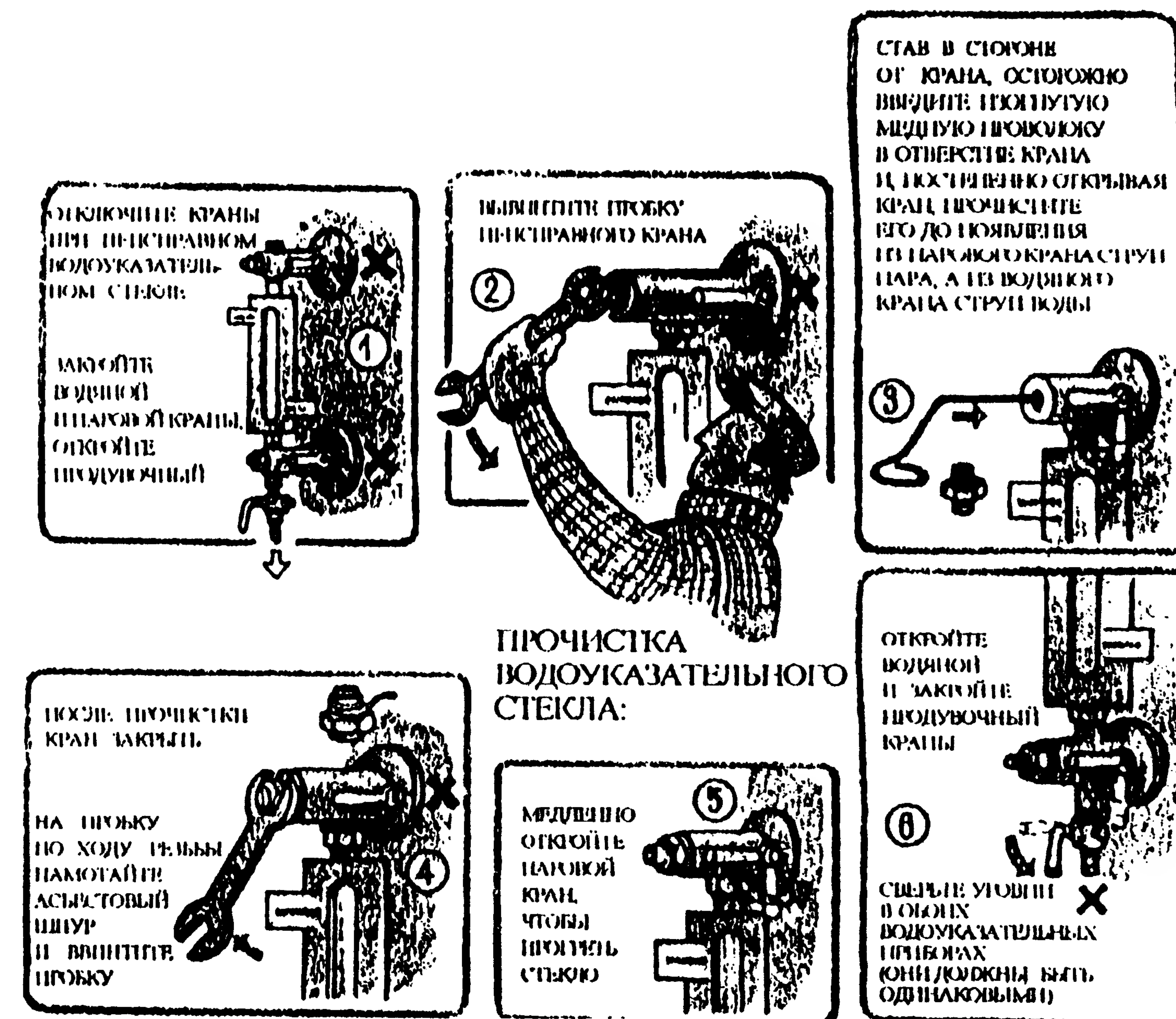


Рис. 63. Прочистка водоуказательного стекла

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПОСЛЕ НЕКИПЯЩЕГО ЭКОНОМАЙЗЕРА

При повышении температуры воды после некипящего экономайзера до значения на 20°С меньше температуры насыщения при данном давлении пара в котле машинист должен принять меры по снижению указанной температуры. С этой целью усиливается питание котла водой, а если уровень воды в котле высок, то производится продувка котла. В котельных установках, где имеется «сгонная линия» (трубопровод от выходного коллектора экономайзера до деаэратора), устанавливается рециркуляция воды через экономайзер путем открытия запорной арматуры на сгонной линии.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ РАЗРЫВЕ ТРУБ КОТЛА

Согласно «Правилам» в случае разрыва труб котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в порядке, указанном в производственной инструкции. Чтобы предотвратить упуск воды, производится усиленное питание котла водой. Причины аварийной остановки должны быть записаны в сменном журнале.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ЗАГОРАНИИ САЖИ В ГАЗОХОДАХ

Машинист должен действовать согласно производственной инструкции и принять все меры для тушения загоревшейся сажи. На котле прекращают подачу топлива, закрывают все лючки и гляделки, останавливают дымосос и дутьевой вентилятор, закрывают направляющие аппараты. Лучше тушить горящую сажу паром, который подают в газоходы через стационарные или переносные обдувочные приборы. При повторном загорании следует произвести обдувку или остановить котел на чистку.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПЕРЕД НАСОСОМ

Температура питательной воды повышается в случае снижения расхода охлаждающей воды, поступающей на теплообменник после деаэратора. Повышение температуры воды может вызвать парообразование во всасывающем патрубке питательного насоса, кавитацию или срыв его работы. Поэтому следует принять меры, предусмотренные производственной инструкцией, для увеличения расхода охлаждающей воды и предотвращения парообразования во всасывающем патрубке насоса.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

При отключении электроэнергии необходимо немедленно включить аварийное освещение и произвести аварийную остановку котлов. Если для питания паровых котлов предусмотрены в качестве резервных паровые насосы или паровые инжекторы, немедленно включить их в работу и поддерживать средний уровень воды в паровых котлах. Отключить котлы от паропровода – закрыть главный парозапорный орган котла. В случае повышения давления пара сбрасывать пар в атмосферу через предохранительные клапаны.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ РЕЗКОМ СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ВОДЫ В БАРАБАНЕ КОТЛА

При резком снижении уровня воды в котле необходимо принять все меры по поддержанию уровня в пределах водоуказательных стекол, т. е. не допустить упуска воды. С этой целью необходимо увеличить подачу воды в котел. При необходимости перейти на ручное управление подачи воды, включить

второй (резервный) питательный насос, уменьшить отбор пара, прикрыв главный парозапорный вентиль. Выяснить причину снижения уровня воды в котле и устранить ее, если имеется возможность. Если, несмотря на принятые меры, уровень воды в котле снизился ниже низшего допустимого уровня, произвести аварийную остановку котла.

ДЕЙСТВИЯ МАШИНИСТА (ОПЕРАТОРА) ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ В ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОТЛА ТРЕЩИН, ВЫПУЧИН, ПРОПУСКОВ В СВАРНЫХ ШВАХ

Согласно «Правилам», если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере в пароперепускных и водоспускных трубах, паровых и питательных трубопроводах, жаровой трубе, огневой коробке кожуха топки, трубной решетке, внешнем сепараторе, арматуре) будут обнаружены трещины, выпучины, пропуски в сварных швах, производится аварийная остановка котла (рис. 64). Котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или персоналом в порядке, установленном производственной инструкцией. Причины аварийной остановки котла должны быть записаны в сменный журнал.

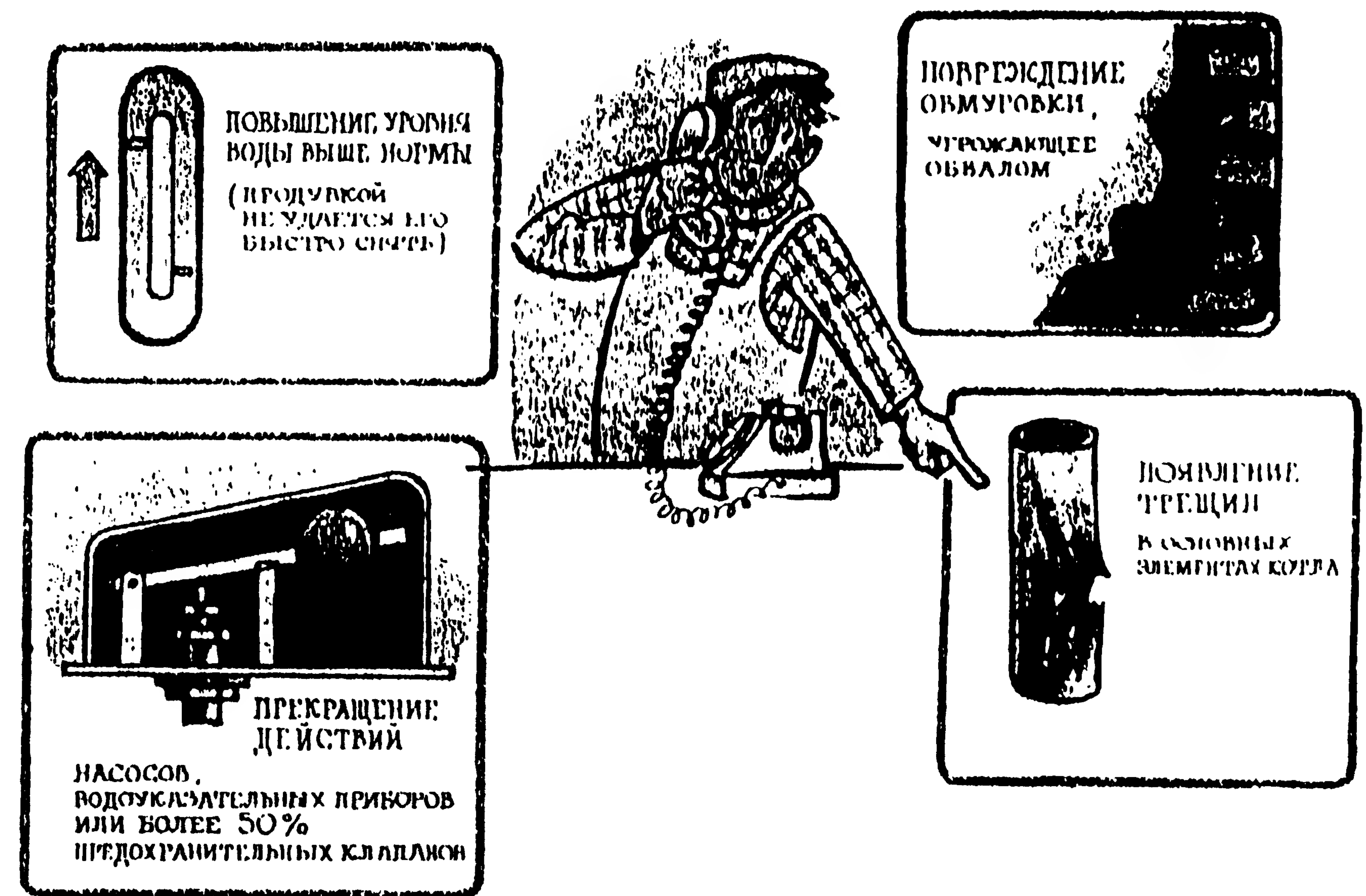


Рис. 64. Причины аварийной остановки котла

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ КОТЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Расследование аварий и несчастных случаев, связанных с эксплуатацией зарегистрированных в органах госгортехнадзора котлов, производится в соответствии с порядком, установленным Госгортехнадзором России.

О каждом смертельном или групповом смертельном случае владелец котла обязан немедленно уведомить орган госгортехнадзора и другие организации (прокуратуру, инспекцию по охране труда и т. п.) в установленном порядке.

До прибытия представителя органов госгортехнадзора на предприятие для расследования причин аварии владелец обязан обеспечить сохранность всей обстановки аварии (несчастного случая), если это не представляет опасности для жизни людей и не вызывает дальнейшее развитие аварии.

РАБОТЫ, ПО КОТОРЫМ НЕОБХОДИМО ОФОРМИТЬ НАРЯД-ДОПУСК

К работам повышенной опасности относятся:

- верхолазные работы (на высоте более 5 м);
- работа в барабанах котлов, газоходах, колодцах, закрытых емкостях;
- работа с ядовитыми веществами, кислотами и щелочами;
- сварочные работы в пожароопасных помещениях и закрытых емкостях;
- приготовление и работа с битумной мастикой;
- перемещение вручную крупногабаритных грузов;
- газоопасные работы;
- работы в электроустановках, выполняемые с частичным или полным снятием напряжения;
- работы в загазованных помещениях.

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАШИНИСТАМИ (ОПЕРАТОРАМИ)

В котельной применяются следующие средства индивидуальной защиты (рис. 65):

1. Спецодежда – комбинезон с огнестойкой пропиткой, кожаные ботинки, брезентовые рукавицы.



Рис. 65. Средства индивидуальной защиты

2. Защитные очки.
3. Защитная каска.
4. Шланговый противогаз.
5. Спасательный пояс.
6. Резиновые диэлектрические перчатки.
7. Диэлектрические боты и коврики.

Спасательный пояс проверяют 1 раз в 6 месяцев подвешиванием к нему груза 200 кг на 5 минут. Дату проверки указывают на специальной табличке. Все диэлектрические защитные средства должны иметь клеймо с указанием даты последнего испытания и разрешенного напряжения, при котором можно его использовать. Периодичность испытаний установлена: для диэлектрических перчаток – 6 месяцев, для бот – 3 года.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ВНУТРИ ГАЗОХОДОВ

Работы внутри газоходов котла относятся к работам с повышенной опасностью и должны выполняться по наряду-допуску. Перед началом работ ко-

тел должен быть охлажден, а газоходы должны быть тщательно провентилированы при включенных дутьевом вентиляторе и дымососе. Между котлом и общим газоходом (боровом) следует установить глухой шибер. Мазуто- и газопроводы, подходящие к котлу, должны быть заглушены. Перед началом работ с помощью переносного газоанализатора необходимо проверить газоходы на загазованность. Работы в топке и газоходах проводятся в противогазах, конец удлиненного шланга которого выводится за пределы газохода. На работающем должен быть одет спасательный пояс с сигнально-спасательной веревкой. Для страховки работающего за пределами топки должно находиться не менее двух человек, также имеющих при себе шланговые противогазы. Для освещения следует использовать электросветильники, а для работы – электроинструмент с напряжением не выше 12 В.

При работе по чистке котлов нужно включить дымосос и организовать вентиляцию топки и газоходов. Во избежание несчастных случаев все обвисшие части обмуровки и скопления золы следует сбивать через лазы и люки до залезания людей в газоходы и топку. После окончания работ до закрытия топок и крышек люков руководитель работ должен лично убедиться в отсутствии людей, материалов и инструмента в газоходах котла.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ВНУТРИ БАРАБАНОВ КОТЛА

Работы внутри барабанов котлов относятся к категории работ с повышенной опасностью и выполняются по наряду-допуску. В наряде-допуске указывается состав бригады, назначается руководитель работ, указываются меры безопасности и индивидуальные средства защиты при проведении работ внутри барабана. Во избежание ожогов людей паром или горячей водой все трубопроводы, соединяющие котел с другими котлами и оборудованием, должны быть надежно отсоединены. Для этого между фланцами со стороны работающих котлов устанавливаются заглушки с хвостовиками, арматура плотно закрывается. Приводы задвижек и вентилей должны быть закрыты на замки, ключи от которых хранятся у начальника котельной. Электросветильники и электроинструмент должен иметь напряжение не выше 12 В.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ НАСОСОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ

Перед пуском насосов и вентиляторов необходимо проверить:

– надежность крепления механизмов к фундаменту;

– наличие ограждений вращающихся частей, сеток на открытых всасывающих отверстиях вентиляторов;

– наличие защиты электродвигателя от короткого замыкания и его заземление;

– наличие аварийной кнопки отключения механизма непосредственно рядом с ним.

В момент пуска и опробования насоса или вентилятора нельзя находиться против вращающихся соединительных муфт. При появлении сильного шума, стуков, повышения температуры электродвигателя, появления дыма механизм следует немедленно отключить. При выполнении ремонта или регламентного обслуживания насосов и вентиляторов следует надежно отключить электродвигатель от сети, снять плавкие предохранители и вывесить плакаты с надписью «Не включать! Работают люди». Категорически запрещается производить какие-либо работы на работающем оборудовании. Все работы производятся на остановленном оборудовании, после его надежного отключения от действующих трубопроводов и электрической сети.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПРОДУВКИ КОТЛА

Порядок проведения периодической продувки указывается в производственной инструкции. Следует строго соблюдать очередность и скорость открытия продувочных вентилей, не допуская возникновения гидравлических ударов. При появлении шума, треска, ударов продувку следует немедленно прекратить. Для открывания (закрывания) запорной арматуры во избежание ее поломки нельзя использовать различные рычаги, открывать арматуру ударами молотка. Следует остерегаться ожогов о трубы и арматуру. Продувка производится с использованием защитных средств: очков, каски, брезентовых рукавиц, спецодежды.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РОЗЖИГЕ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Перед розжигом газовых или мазутных горелок (форсунок) во избежание взрывов и хлопков следует тщательно провентилировать топку. В момент внесения в топку запальника (включения электрозапальника) нельзя находиться напротив открытых отверстий топки и горелочного устройства, так как при выбивании пламени через них можно получить ожоги (рис. 66). Розжиг горелочных устройств нужно производить с использованием индивидуальных средств защиты: очков, брезентовых рукавиц, комбинезона с огнестойкой пропиткой, каски. В случае отрыва факела следует немедленно прекратить подачу топлива в горелку и провентилировать топку в течение 10–15 минут.

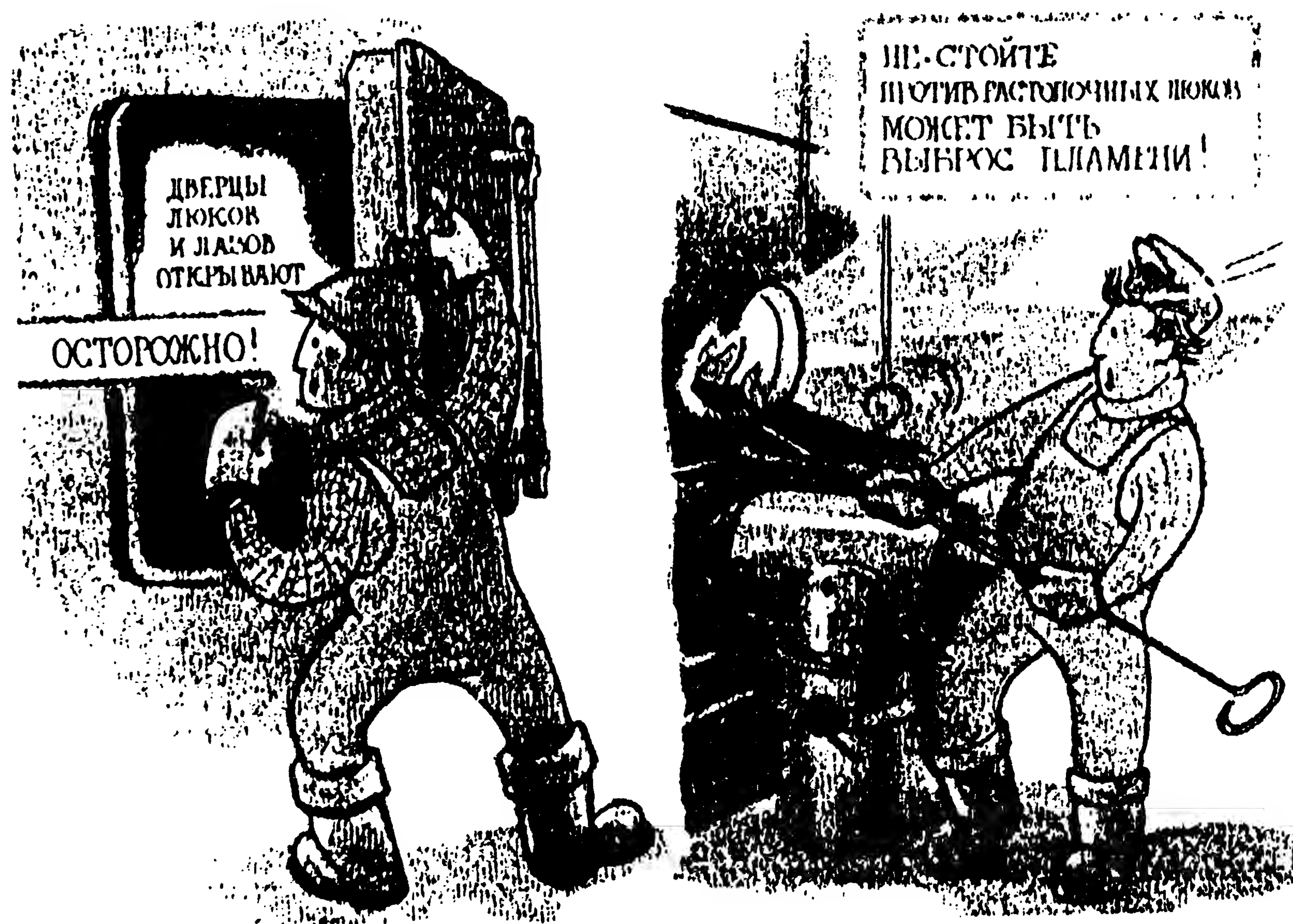


Рис. 66. Меры безопасности при закрытии лазов и розжиге горелочных устройств

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБДУВКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЛОВ

Обдувка поверхности нагрева котлов производится стационарными или переносными обдувочными приборами. Перед началом обдувки необходимо прогреть паропровод, для чего открыть дренаж и слить конденсат. При этом предотвращается поломка или разрушение труб и арматуры в результате гидроударов. Во избежание ожогов обдувку следует производить в очках, каске, брезентовых рукавицах и спецодежде. Нельзя находиться против открытых лючков, гляделок и других отверстий в обмуровке котла, т. к. через них возможно выбивание дыма, пара, огня. Для предотвращения этих явлений перед обдувкой необходимо снизить нагрузку котла.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ МЕХАНИЗМОВ

Перед пуском вращающихся механизмов необходимо проверить:

- надежность крепления механизмов к фундаменту;
- наличие ограждения вращающихся частей;
- наличие вблизи механизма кнопки его аварийного отключения.

В момент пуска вращающегося механизма следует остерегаться соединительных муфт и других вращающихся деталей. Нельзя обслуживать механизмы в длиннополой одежде, с распущенными волосами и т. п.

При выполнении ремонта и работ по обслуживанию механизм следует остановить, надежно отключить от работающих трубопроводов, а электродвигатель – от сети, снять плавкие предохранители в щите и вывесить плакаты «Не включать! Работают люди».

Муфты между оборудованием и электродвигателем следует рассоединить.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АРМАТУРЫ

Включение и отключение запорной арматуры на трубопроводах следует проводить медленно, осторожно, предупреждая появление гидроударов в трубах. Открытие и закрытие арматуры производится по стрелкам, нанесенным на штурвалах (маховиках) вентилей и задвижек. Нельзя производить подтягивание фланцевых соединений или замену сальниковой набивки на арматуре, находящейся под давлением. Во избежание поломок арматуры нельзя прикладывать излишние усилия при ее открытии и закрытии, запрещается при этом использовать различные рычаги, удлинители и т. п. (рис. 67). Все работы по обслуживанию арматуры следует производить с использованием индивидуальных защитных средств: рукавиц, защитных очков, каски.



Рис. 67. Запрещенное действие при работе с арматурой

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Работы по обслуживанию электроустановок и управлению механизмами с электроприводом относятся к категории особо опасных и выполня-

ются лицами, прошедшими специальное обучение и имеющими соответствующую квалификационную группу по технике безопасности (рис. 68).

Токоведущие части электрооборудования должны быть надежно ограждены или закрыты кожухами. О замеченных открытых (оголенных) токоведущих частях, проводах, кабелях следует немедленно сообщить начальнику котельной и дежурному электрику. Прикасаться к таким проводам опасно. Для предотвращения попадания людей под напряжение все металлические части оборудования (электродвигателей, щитов, пусковых устройств и т. п.) должны быть надежно заземлены. Для переносных светильников должно применяться напряжение не выше 42 В, а в особо опасных местах (резервуары, барабаны котлов и т. п.) – не выше 12 В.



Рис. 68. Техника безопасности при обслуживании электрооборудования

При управлении электрооборудованием необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты (резиновые диэлектрические перчатки, боты, коврики).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРВОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ ГРУППЫ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Первую квалификационную группу по электробезопасности получают лица, не имеющие специальной электротехнической подготовки, но имеющие элементарное представление об опасности электрического тока и мерах безопасности при работе на обслуживаемом участке, электрооборудовании, установке. Лица с первой группой должны быть знакомы с правилами оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЭЛЕКТРОТРАВМЕ

Спасение пострадавшего от поражения электротоком зависит от быстроты освобождения его от действия тока, а также от быстроты и правильности оказания пострадавшему первой помощи.

Меры оказания первой помощи зависят от состояния, в котором находится пострадавший.

Если он находится в бессознательном состоянии, но дыхание и пульс имеются, его следует удобно уложить, расстегнуть одежду, дать понюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом, обрызгать лицо водой, обеспечить полный покой. При отсутствии у пострадавшего дыхания и пульса следует немедленно делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца, не прерывая эти процедуры до прибытия врача. Следует иметь в виду, что попытки оживления могут быть эффективными лишь в случаях, когда после остановки сердца прошло не более 3–5 минут. Во всех случаях необходимо немедленно вызвать врача или доставить пострадавшего в ближайшее медицинское учреждение.

МЕРЫ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ОЖОГАХ

При тяжелых ожогах следует осторожно снять с пострадавшего платье и обувь, при необходимости их разрезать. Следует защитить рану от загрязнения. Нельзя касаться руками обожженного участка кожи, смазывать его какими-либо маслами, мазями, вазелином. Нельзя отдирать обгоревшие, приставшие к ране куски одежды. Не следует вскрывать пузыри, отдирать смолу, битум и другие прилипшие вещества. Обожженную поверхность следует перевязать, покрыв сначала стерильным бинтом, сверху положить слой ваты и все закрепить бинтом. После этого пострадавшего следует направить в лечебное учреждение.

МЕРЫ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ УГАРНЫМ ГАЗОМ

При отравлении угарным газом появляется головная боль, шум в ушах, головокружение, тошнота, рвота, ослабление или остановка дыхания, расширение зрачков.

Пострадавшего следует немедленно вывести (вынести) на свежий воздух и, если имеется возможность, организовать подачу кислорода из кислородной подушки. Сразу же вызвать врача. При заметном ослаблении дыхания необходимо производить искусственное дыхание (рис. 69).



Рис. 69. Оказание первой помощи

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ В КОТЕЛЬНОЙ

Возникновение пожаров в котельных является следствием грубого нарушения противопожарной безопасности. Главными причинами пожаров могут быть:

- неправильное хранение горючих и легковоспламеняющихся материалов;
- небрежное обращение с огнем;
- неисправная электропроводка;
- захламление помещений и территории котельной;
- нарушение правил обслуживания мазутных резервуаров, разливы горячего мазута;
- курение в необорудованных местах.

При хранении замасленной ветоши может происходить ее самовозгорание, поэтому она должна храниться в закрытых металлических ящиках. Нельзя оставлять промасленную ветошь или спецодежду на солнце или вблизи амбразур котлов. Особо опасные в пожарном отношении вещества (нитрокраски, бензин, керосин и т. п.) должны храниться за пределами котельной. В помещениях, где может образоваться газовоздушная взрывоопасная смесь, электроосвещение и другое оборудование выполняют во взрывобезопасном исполнении.

ПРИЧИНА САМОВОЗГОРАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА И МЕРЫ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЯ

При длительном хранении некоторых твердых топлив (торф, бурый уголь, древесные отходы) происходит их самовозгорание. Топливо окисляется кислородом воздуха с выделением теплоты, которая накапливается в слое рыхлого топлива. Температура его повышается и может достигнуть температуры самовоспламенения. Для предотвращения самовозгорания при укладке в штабель топливо следует послойно уплотнить. Необходимо ограничивать сроки хранения топлива в штабелях, уменьшать высоту штабеля, контролировать температуру внутри штабеля. При достижении опасных значений температур штабель следует разгрести бульдозером тонким слоем и уплотнить. Появившиеся очаги возгорания следует немедленно ликвидировать.

Краткая таблица соотношений между единицами Международной системы (СИ) и другими единицами физических величин

1 кгс = 10 Н;
1 кгс/см² = 0,1 МПа;
1 МПа = 10 кгс/см²;
1 кгс/см² = 760 мм рт. ст.;
1 бар = 0,98 кгс/см²;
1 мм вод. ст. = 10 Па;
1 мм рт. ст. = $1{,}33 \cdot 10^2$ Па;
1 ккал = 4,19 кДж (килоджоуля);
1 Гкал = 4,19 ГДж (гигаджоуля);
1 Гкал/ч = 1,163 МВт (мегаватт);
1 МВт = 0,86 Гкал/ч (гигакалорий в час).

Кратные (увеличенные) значения исходных единиц обозначаются приставками: гига (Г) – 10^9; мега (М) – 10^6; кило (к) – 10^3; гекто (г) – 10^2; дека (да) – 10^1.

Нормативная документация по эксплуатации паровых и водогрейных котлов

- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ.
- Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.
- Положение о порядке технического расследования причин аварий на опасных производственных объектах.
- РД 10-319–99. Типовая инструкция по безопасному ведению работ для персонала котельных.
- Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов.
- Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,7 кгс/см², водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева не выше 115°С, утв. в 1992 г. (с Изменением № 1 и Изменением № 2).
- Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
- ГОСТ 14202–69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки.
- ГОСТ 23172–78. Котлы стационарные. Термины и определения.
- ГОСТ 10585–99. Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия.
- РД 12-341–99. Инструкция по контролю за содержанием окиси углерода в помещениях котельных.

1. Баранов и др. Паровые и водогрейные котлы. Эксплуатация и ремонт. – М.: НПО ОБТ, 2000.
2. Вергазов В.С. Устройство и эксплуатация котлов. Вопросы и ответы. Справочник. – М.: 1991.
3. Деаэраторы вакуумные. Каталог-справочник. – М.: НИИинформтяжмаш, 1971.
4. Мухин В.С., Саков И.А. Приборы контроля и средства автоматики тепловых процессов. – М.: Высшая школа, 1988.
5. Онищенко Н.П. Охрана труда при эксплуатации котельных установок. – М.: Стройиздат, 1991.
6. Онищенко Н.П. Эксплуатация котельных установок. – М.: Агропромиздат, 1987.
7. Сомов В.В. Котельные установки. – Л.: ВИСИ, 1995.
8. Черкунов Н.Е. Техника безопасности для оператора котельной. – М.: ВО «Агропромиздат», 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

Рабочие тела и их параметры 8

Понятие о давлении. Единицы измерения давления. 8
Понятие о температуре. Единицы измерения температур 8
Зависимость температуры кипения воды от давления 9
Понятие о плотности вещества. Плотность воды, пара, воздуха, мазута, природного газа при нормальных условиях 9
Свойства воды и пара 9
Воздух и продукты сгорания 9

Топливо, топочные процессы и устройства 10

Классификация и характеристика топлива 10
Элементарный состав твердого и жидкого топлива 10
Теплота сгорания топлива. Условное топливо. Воспламенение. Самовозгорание. Выход летучих веществ 11
Свойства мазута. Зависимость условной вязкости мазута от температуры. Марки мазута 11
Принципиальная схема мазутного хозяйства 12
Виды твердого топлива 12
Назначение, классификация и характеристика топочных устройств 13
Слоевые топки, классификация, основные конструктивные элементы 13
Пылеугольные топки 14
Конструкции мазутных форсунок. Преимущества и недостатки механических и паромеханических форсунок 15

Рабочие процессы в котлах 18

Виды теплопотерь в котлоагрегате и их влияние на КПД котла 18
Теплообмен в котлах. Факторы, влияющие на теплообмен 18
Естественная циркуляция воды в котле. Причины нарушения циркуляции 19
Примеси в природной воде и их влияние на работу котла 20
Обработка воды, поступающей на питание котла 20
Назначение многоступенчатого испарения воды в котлах 21
Естественная и принудительная тяга 21

Паровые и водогрейные котлы 23
Классификация котлов по давлению пара 23
Поверхность нагрева котла 23
Назначение, классификация гарнитуры 23
Обмуровка котла 24
Паровой котел Е-1/9 25
Паровой котел ДКВр-4-13 25
Паровой котел КЕ-4-14 27
Паровой котел ДЕ-6,5-14 28
Газотрубный (жаротрубный) паровой котел 29
Котел типа КВ-ГМ-10 30
Чугунные секционные котлы 32
Назначение, классификация, конструкция пароперегревателей 34
Назначение, классификация экономайзеров 34
Назначение, классификация, конструктивные особенности воздухоподогревателей 36
Внутрибарабанные устройства 36
Водоуказательные приборы 37
Классификация, назначение и устройство арматуры 39
Назначение, классификация, конструктивные элементы предохранительных клапанов 40

Контрольно-измерительные приборы и элементы автоматики котлов 42
Приборы для измерения температуры 42
Приборы для измерения давления 45
Приборы для измерения количества и расхода 48
Общие сведения о системе автоматического регулирования котлов 50
Щит управления котлом Щ-К2 52

Котельные установки 55
Элементы котельной установки. Назначение каждого элемента 55
Назначение и виды питательных устройств 57
Конструктивные особенности паровых насосов и инжекторов 58
Теплообменные аппараты 60

Оборудование водоподготовки 64
Натрий-катионитовые фильтры 64
Назначение, классификация деаэраторов. Типы деаэраторов 66
Помещения для котлов 71
Требования к помещениям котельных 71
Требования к рабочим лестницам, площадкам 71

Аварийное освещение котельной 71
Обслуживание оборудования котельных установок 72
Допуск персонала к обслуживанию котла 72
Порядок приема и сдачи смены 72
Подготовка котла к растопке на твердом топливе 73
Растопка котла на твердом топливе 75
Растопка котла на жидком топливе 76
Розжиг паромазутной форсунки 76
Включение котла в работу. Причины гидравлических ударов и действия персонала при их возникновении 77
Периодическая продувка котла 78
Тягодутьевые устройства котла. Порядок включения дымососов в работу 79
Эксплуатация центробежных насосов (включение, выключение, регулирование) 79
Очистка поверхности нагрева котлов 80
Остановка котла на ремонт 81
Техническое освидетельствование котлов 81
Техническая документация котельной 82
Производственная инструкция 83

Действия машиниста (оператора) по предотвращению аварий котлов 84
Случаи аварийной остановки котлов 84
Основные причины упуска воды из котла 84
Действия машиниста (оператора) при перепитке котла водой 86
Действия машиниста (оператора) при повышении давления пара в котле выше разрешенного 86
Действия машиниста (оператора) при прекращении действия всех водоуказательных стекол 86
Действия машиниста (оператора) при прекращении действия всех питательных насосов 86
Действия машиниста (оператора) при повышении температуры воды после некипящего экономайзера 87
Действия машиниста (оператора) при разрыве труб котла 87
Действия машиниста (оператора) при загорании сажи в газоходах 88
Действия машиниста (оператора) при повышении температуры питательной воды перед насосом 88
Действия машиниста (оператора) при отключении электроэнергии 88

Действия машиниста (оператора) при резком снижении уровня воды в барабане котла ... 88
Действия машиниста (оператора) при обнаружении в основных элементах котла трещин, выпучин, пропусков в сварных швах ... 89
Меры безопасности при эксплуатации и ремонте котлов и оборудования котельных установок ... 90
Расследование несчастных случаев на производстве ... 90
Работы, по которым необходимо оформить наряд-допуск ... 90
Средства индивидуальной защиты, применяемые машинистами (операторами) ... 90
Техника безопасности при проведении работ внутри газоходов ... 91
Техника безопасности при проведении работ внутри барабанов котла ... 92
Техника безопасности при обслуживании насосов и вентиляторов ... 92
Техника безопасности при проведении периодической продувки котла ... 93
Техника безопасности при розжиге горелочных устройств ... 93
Меры безопасности при обдувке поверхностей нагрева котлов ... 94
Меры безопасности при обслуживании вращающихся механизмов ... 94
Меры безопасности при обслуживании арматуры ... 95
Техника безопасности при обслуживании электрооборудования ... 95
Характеристика первой квалификационной группы по технике безопасности при эксплуатации электроустановок ... 96
Оказание первой помощи при электротравме ... 97
Меры оказания первой помощи при ожогах ... 97
Меры оказания первой помощи при отравлении угарным газом ... 97
Причины возникновения пожаров в котельной ... 98
Причина самовозгорания твердого топлива и меры ликвидации возгорания ... 99
Приложение 1. Краткая таблица соотношений между единицами международной системы (СИ) и другими единицами физических величин ... 100
Приложение 2. Нормативная документация по эксплуатации паровых и водогрейных котлов ... 101
Литература ... 102

Учебное пособое

В.В. Жуковский

**ПОСОБИЕ
ДЛЯ МАШИНИСТОВ
И ОПЕРАТОРОВ КОТЕЛЬНОЙ**

Корректор *О.Б. Смирнова*
Компьютерная верстка *О.В. Смирновой*

Лицензия ИД № 02175 от 28.06.2000 г.
Подписано в печать 05.12.2003 г. Формат $60 \times 90^1/_{16}$.
Бумага для офисной техники. Ризография.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 6,75.
Тираж 500 экз. Заказ 204/3

ООО «Центр охраны труда, промышленной безопасности, социального партнерства и профессионального образования»

190000, Санкт-Петербург, Галерная ул., 22
тел.: (812) 230-14-87, 314-32-35

Приобретение нормативной литературы:
тел. (812) 312-14-53, факс (812) 312-51-11
Отдел информации:
тел. (812) 312-98-29